

ROBERT PERRET

Membre de la Commission de Topographie du Club Alpin Français

Topographie et Physiographie

DU

FER-A-CHEVAL

(Alpes calcaires du Faucigny)

*Thèse complémentaire pour le Doctorat ès Lettres
présentée à la Faculté des Lettres
de l'Université de Paris*



PARIS

MAISON ANDRIVEAU-GOUJON

HENRY BARRÈRE, ÉDITEUR

21, Rue du Bac, 21

—
1913



Digitized by the Internet Archive
in 2026



Le Pic de Tenneverge, vu de Commune

Cl. R. Perret

ROBERT PERRET

Membre de la Commission de Topographie du Club Alpin Français

Topographie et Physiographie
DU
FER-A-CHEVAL

(Alpes calcaires du Faucigny)

*Thèse complémentaire pour le Doctorat ès Lettres
présentée à la Faculté des Lettres
de l'Université de Paris*



PARIS

MAISON ANDRIVEAU-GOUJON

HENRY BARRÈRE, ÉDITEUR

21, Rue du Bac, 21

—
1913

Avant-Propos

La carte au 50 000^e qui accompagne cette étude a déjà paru, en 1911, dans la revue « la Montagne », organe mensuel du Club Alpin Français. J'ai cru en devoir la primeur à ceux qui ont encouragé mes études topographiques. Mais, à cette époque, m'adressant à un public généralement peu informé des questions de géographie physique et n'éprouvant guère la curiosité des phénomènes naturels, je m'étais vu obligé de passer sous silence ce qui forme la matière du présent travail : le commentaire géographique de cette carte, l'histoire des explorations scientifiques dans la vallée de Sixt en général et au Fer-à-Cheval en particulier, des détails plus circonstanciés sur le procédé photogrammétrique employé, enfin l'analyse des formes élémentaires du terrain, telles qu'elles sont modelées sous nos yeux par les érosions actuelles ; au cours de cette étude, il ne sera fait appel aux hypothèses que de la manière la plus sommaire. Le mot « physiographie » est ici entendu dans son sens étymologique, à savoir *description* physique, et ce qui touche à la morphologie générale, à l'association des formes simples et à l'évolution du relief sera à peine esquissé, car j'en réserve l'examen complet pour plus tard, lorsque seront terminés mes levés dans la vallée du Giffre.

Je tiens à remercier mes collègues de la Commission de Topographie, entre autres M. Emmanuel de Margerie, qui m'a fourni de précieuses indications bibliographiques, et M. Paul Helbronner, à qui je dois la communication de renseignements sur les origines de la triangulation sarde et le prêt de livres rares, édités en Italie, sur les opérations géodésiques entreprises en 1821 pour la mesure d'un arc du parallèle moyen. Ne pas citer M. Henri Vallot serait de l'ingratitude. D'une manière générale, je lui dois

tout ce que je sais en matière de topographie. En ce qui concerne plus spécialement ce travail, il m'a offert libéralement ses documents, ses conseils et sa peine. Qu'il trouve ici l'expression de ma reconnaissance.

Le mémoire que je présente aujourd'hui n'est donc que provisoire. Après avoir reconnu et en partie exploré, pendant une dizaine d'années, les Alpes de Sixt, je me suis décidé à commencer leur levé complet à l'échelle du 20.000^e. On sait que la Commission de Topographie a entrepris de dresser la carte précise des hautes régions des Alpes en ne faisant appel qu'à l'initiative privée. Les triangulations de M. Henri Vallot dans le massif du Mont-Blanc et de M. Paul Helbronner dans le reste des Alpes ont préparé une œuvre qu'il faut accomplir. Cette œuvre a reçu un commencement d'exécution ; la topographie du Mont-Blanc au-dessous de 2.500 mètres est achevée et celle des régions glaciaires progresse régulièrement ; le lieutenant Régis du Verger vient de publier sa belle carte des Aiguilles de l'Argentièrre ; M. l'abbé Fouilland et M. Buisson se sont attachés à la Grande Chartreuse. Mon effort personnel s'est porté en 1911 sur le massif des Fiz où j'ai exécuté, au cours de ma première campagne, des opérations complémentaires de canevas ; l'été dernier a été consacré aux travaux de détail, cheminements expédiés mais réguliers poursuivis le long des chemins et des thalwegs.

D'ici trois ou quatre ans, je pense donc être en mesure de recommencer, avec des instruments plus parfaits et sur une plus grande échelle, la carte qu'on trouvera plus loin. Si je n'ai pas voulu attendre cette échéance pour tirer parti de mes documents photographiques, c'est que notre carte au 80.000^e représente le Fer-à-Cheval, et notamment le Pic de Tenneverge, d'une manière si inexacte qu'il y avait urgence à en donner un portrait ressemblant. Mais ce portrait n'est pas définitif. Entre la caricature des cartes officielles et le tableau que j'ambitionne, il y avait une place pour le modeste fusain que je vais commenter.

Robert PERRET.

HISTORIQUE

Entre les préalpes du Chablais et les glaciers du Mont-Blanc s'intercale une région de grandes parois calcaires. Elle commence avec la Dent du Midi et se prolonge avec les Aravis. Le Giffre y prend naissance et l'Arve y passe au fond d'une gorge qui s'allonge de Sallanches à Cluses. Les vallées de ces deux torrents entaillent des plis couchés aux assises souvent horizontales, les unes résistantes et fissurées, les autres argileuses ou gypseuses, imperméables ou solubles, aptes à subir le travail des eaux souterraines et l'érosion des cascades à l'air libre, propres à s'ébouler rapidement et à laisser se creuser des cirques. L'altitude des sommets oscille autour de trois mille mètres ; c'est une limite au-dessus de laquelle les précipitations, même en été, ne se produisent guère que sous forme de neige ; il y a donc un grand nombre de névés permanents et même de glaciers dans ce massif ; ils sont blottis la plupart du temps au fond des replats qui interrompent les escarpements. De vieilles moraines échelonnées sur les pentes, un réseau de vallées secondaires brusquement coupées par des à-pics et suspendues à plusieurs centaines de mètres au-dessus du torrent principal, le contraste frappant entre l'extrême inclinaison des versants dans leur partie inférieure et leur profil adouci, presque aplani, dans les parties hautes, attestent la mise en jeu, à des époques différentes, de forces variées. Les Alpes calcaires du Faucigny, trouées par le cirque du Fer-à-Cheval, ressemblent singulièrement aux Alpes Vaudoises, échancrées par le cirque des Ormons, et rappellent quelque peu la région pyrénéenne de Gavarnie et du Mont-Perdu.

Ces montagnes ont attiré depuis longtemps l'attention des voyageurs et des naturalistes. Elles ont été révélées aux alpinistes par les savants. Horace-Bénédict de Saussure était venu à Sixt, au cœur même du massif, avant l'année 1764. Admiration observable, il s'était immédiatement rendu compte que l'apparente simplicité de ces parois aux stratifications hori-

zontales était l'effet de causes très multiples et très complexes. Il remarqua la charnière du pli couché qu'on aperçoit aux Faucilles du Chantet sous le col d'Anterne et examinant un peu plus tard le célèbre contournement du Nant d'Arpenaz dans la vallée de l'Arve, il rapprocha l'une de l'autre ces deux singularités : « Une montagne plus rapprochée de notre cascade, et qui présente aussi ce phénomène, est située derrière elle, au Nord-Est, entre le village de Sciz et les granges des Fonds. Cette montagne porte le nom d'Anterne ; elle est plus élevée que celle du Nant d'Arpenaz : les couches forment des arcs concentriques, plus grands et plus recourbés encore..... La cristallisation peut seule, à mon avis, rendre raison de ces bizarreries..... Je ne répugnerois donc pas à croire, que le rocher de la cascade a pu être formé dans la situation dans laquelle il se présente (1). » L'explication de Saussure n'a pas été retenue par la science moderne, mais nul n'a su mieux voir que lui et le dessin annexé à son ouvrage est plus exact que bon nombre de coupes géologiques récentes.

Ce n'est point, à vrai dire, la géologie qui attira les naturalistes à Sixt vers la fin du dix-huitième siècle. Le Mont-Blanc ne devait être gravi par Balmat qu'en 1786 mais depuis longtemps on était soucieux de le mesurer, de vérifier s'il était réellement la plus haute cime de l'Europe et s'il égalait, ou dépassait, ce fameux pic de Teyde escaladé en 1713. Tout le monde sait aujourd'hui que les Anglais Pococke et Windham n'ont aucunement découvert Chamonix ; ils n'ont pas exploré une région visitée par Saint François de Sales et projetée dès 1680 sur la carte de Tomaso Borgonio ; mais ils fixèrent l'attention générale sur les « glaciers » un peu oubliées. Deux Genevois, les frères de Luc, puis Saussure lui-même, conçurent le projet de mettre le pied sur les cimes secondaires voisines du Mont-Blanc, d'obtenir leur altitude par des observations barométriques répétées et de prendre des mesures angulaires depuis leur sommet. Les opérations trigonométriques du chevalier Schuckburgh, consignées dans le LXXVII^{me} volume des *Transactions Philosophiques*, fournissaient les positions nécessaires et indiquaient les distances séparant le Mont-Blanc de quelques-uns de ses satellites. C'est vers le Buet, situé au fond de la vallée de Sixt, que les premiers efforts furent dirigés. Vue de Genève, sa coupole blanche

1. Horace-Bénédict de Saussure : *Voyages dans les Alpes*. Neuchâtel. Huit volumes in-8, 1774. Tome second, p. 169.

apparaît à gauche de l'Aiguille Verte et domine le sillon du Giffre qui offre une facile voie d'accès.

Les frères de Luc se mirent en route le 24 août 1765 et arrivèrent à Sixt après onze heures de marche. A cette époque, il n'y avait point de grande voie carrossable, mais une simple route de chars, dont certains tronçons ont été respectés et sont encore visibles au défilé des Tines. Les voyageurs avaient aperçu, en cheminant, une barre de rochers qui leur parut supporter les neiges du Buet; elle grandit à mesure qu'ils avancèrent et le sommet convoité s'effaça bientôt derrière elle. Cette barre n'était autre que la crête du Grenier, séparée du but par la gorge des Fonds. Les deux explorateurs ne se rendirent pas compte de cette disposition, envisagèrent le Grenier, non comme une montagne distincte, mais comme un simple épaulement et se résolurent à l'attaquer par le plus court chemin. Ils montèrent presque en droite ligne dans les éboulis qui entourent les granges des Communes; arrivés sur le faite, ils virent qu'un précipice les empêchait de continuer (1). Les frères de Luc se trouvaient alors sur l'arête qui domine les deux cirques magnifiques du Fer-à-Cheval et des Fonds; ils pouvaient en scruter les profondeurs dans les moindres détails; leur tentative inaugure l'ère des investigations scientifiques dans les hautes Alpes de Savoie.

L'essai fut renouvelé à diverses reprises; une première fois, les deux Genevois essayèrent de tourner le précipice en suivant la crête séparative des versants et parvinrent à une hauteur de 7.223 pieds au-dessus du Léman; ils se livrèrent à l'expérience de l'ébullition de l'eau, pour comparer les résultats de cette méthode avec ceux du baromètre; ils allaient repartir, lorsque l'un des frères, l'illustre physicien Jean-André, se foula le pied. Il fallut renoncer au Buet et redescendre. Enfin, le 25 septembre 1770, un nouvel effort fut couronné de succès; abandonnant, comme trop périlleuse, la voie du Grenier et des arêtes, les alpinistes remontèrent le cours du Giffre jusqu'aux Fonds, s'élevèrent le long des pentes de Grasse-Chèvre et atteignirent la cime après avoir traversé le glacier des Beaux. L'opération de l'eau bouillante ne put réussir à cause du vent trop froid mais une observation barométrique permit d'évaluer la hauteur du Buet à 8.229 pieds au-dessus du Léman et 9.355 pieds au-dessus de la Méditerranée.

1. D. et D. (Jean-André de Luc et le pasteur Jean Dentand): *Relation de différents voyages dans les Alpes du Faucigny*. Maestricht, 1776, in-12°.

L'ascension de Bourrit, en 1775, n'offre aucun intérêt scientifique mais elle possède le mérite d'avoir montré l'accessibilité du versant de Bérard et d'avoir ouvert la route à Saussure (1). Ce dernier gravit la « Mortine » du Buet en 1776 et y retourna deux ans après avec Pictet pour y effectuer une station topographique. Il trouva au baromètre une hauteur de 8.354 pieds au-dessus du Léman par comparaison avec un second baromètre observé par M. Mallet dans la plaine et de 8.335 pieds par comparaison avec un troisième instrument consulté à Genève, au même instant, par M. de Luc le cadet (2). Pictet visa le Mont-Blanc et trouva que sa cime faisait au-dessus de celle du Buet un angle de 4 degrés, 21 minutes, 30 secondes. Après avoir déterminé l'effet de la réfraction sur la hauteur apparente, les deux opérateurs admirèrent que la différence de niveau entre les deux sommets devait être fixée à 4.974 pieds et attribuèrent au Mont-Blanc une altitude provisoire de 2.238 toises ou 13.428 pieds au-dessus de Genève, soit 2.426 toises (4.728 mètres) au-dessus du niveau de la mer. Ce résultat fait grand honneur à Pictet et à Saussure. La méthode employée comportait de nombreuses chances d'erreur et cependant l'écart entre la cote géodésique moderne de MM. Henri et Joseph Vallot et le chiffre adopté en 1778 n'atteint pas quatre-vingts mètres.

Saussure profita de son long arrêt au sommet du Buet pour y concevoir le principe d'une vue périscopique, analogue aux panoramas enregistrés par l'orographe Schrader, qu'il fit dessiner plus tard par Bourrit et qui figure dans le livre intitulé : « Voyages dans les Alpes » ; les détails en sont encore parfaitement identifiables et les montagnes de Sixt, comme celles de Chamonix, y apparaissent fort nettement ; le centre de la planche est occupé par un relevé de la calotte neigeuse, assez peu différent de la représentation qu'en donna l'Etat-Major en 1863, mais combien éloigné de la réalité actuelle ! Savant universel, à la fois géomètre, physicien et géologue, Horace de Saussure termina son enquête en observant la composition du sol et les formes du terrain ; il aperçut le contraste des aiguilles cristallines et des plates-formes sédimentaires et remarqua que la vallée de Bérard coïncidait

1. Bourrit : *Nouvelle description des glaciers, vallées de glace et glaciers qui forment la grande chaîne des Alpes de Savoye, de Suisse et d'Italie*, Genève. Trois volumes in-8°. 1787. Tome premier, Chap. xvi.

2. Horace-Bénédict de Saussure : *Voyages dans les Alpes*, Neuchâtel. Huit volumes in-8°. 1774. Tome second, p. 307.

grossièrement avec une limite structurale ; sa description s'achève par ces lignes saisissantes : « Une singularité bien remarquable de l'enceinte des montagnes qui entourent la cime du Buet, c'est qu'une moitié de cette enceinte est presque toute primitive, et l'autre presque toute secondaire... Le Buet lui-même se trouve exactement sur la ligne qui sépare les cimes calcaires des cimes primitives... Les hautes montagnes calcaires situées dans le demi-cercle septentrional, et voisines du Buet, telles que le Mont d'Anterne,... le Grenairon et d'autres montagnes à droite ou à l'Est de celle-ci, dont nos guides ne savaient pas les noms, ont toutes leurs escarpements tournés contre la chaîne centrale ; ce qui confirme l'observation que j'ai faite au sommet du Môle. Le Buet lui-même a ses couches descendantes vers le dehors des Alpes, et escarpées contre le Mont-Blanc (1). »

Les sommités que Saussure découvrait ainsi à droite du « Grenairon » et dont la nomenclature était ignorée par ses guides, n'étaient autres que les arêtes culminantes du Fer-à-Cheval. On les trouve figurées pour la première fois sur les cartes de Raymond et de Bacler d'Albe. Quand l'armée des Alpes, sous les ordres de Montesquiou, eût fait son entrée dans la ville de Chambéry et procédé à l'annexion du pays environnant, on ne possédait aucune représentation du terrain utilisable pour les besoins de la guerre. Le gouvernement sarde, dès l'année 1728, avait bien fait lever le cadastre des territoires soumis à son administration ; mais ces documents se trouvaient à Turin. Il n'y avait en Savoie que les plans parcellaires, dispersés dans les communes, tous rédigés à l'échelle du 2400°. On avait exécuté des triangulations spéciales pour déterminer les points les plus importants, mais ces triangulations n'avaient pas été conservées (2). L'ingénieur géographe Raymond fut chargé en l'an III de réunir les plans parcellaires, de vérifier leur exactitude, de les assembler et de les réduire à l'échelle du 200.000°. Il se contenta de mesurer quelques longueurs sur le terrain, les reporta sur les documents qu'on lui avait remis et figura les montagnes assez grossièrement.

Le travail de Raymond n'était pas encore terminé lorsque Bonaparte résolut d'aller attaquer Colli et Beaulieu dans le

1. Horace-Bénédict de Saussure : *Voyages dans les Alpes*, Neuchatel. 8 volumes in-8°. 1774. Tome second, p. 336.

2. Général Berthaut : *Les Ingénieurs Géographes Militaires*. Etude historique, Paris, Deux volumes in-4°. 1902. Tome premier. p. 369.

Piémont et prépara sa magistrale campagne de 1796. En fait de carte, on ne put lui fournir que l'œuvre de Borgonio, vieille de plus d'un siècle. De nouvelles opérations topographiques s'imposaient et une brigade d'ingénieurs géographes fut attachée à l'armée d'Italie ; elle était chargée de procéder au levé des deux versants des Alpes ; son champ de travail embrassait donc aussi bien la vallée du Pô que les montagnes de Savoie parcourues par Raymond. Dès que Turin eût été occupé, Milan conquis après la bataille de Lodi, la république Cisalpine fondée après le traité de Campo-Formio et le Piémont annexé, on s'empara des mappes cadastrales. Le bureau de Milan, placé sous la direction de César Berthier, dressa l'inventaire des pièces confisquées et reçut l'ordre de les envoyer à Paris ; mais on s'abstint de les publier, faute d'argent. C'est alors que Bacler d'Albe, officier de troupe, offrit de faire graver l'ouvrage à son propre compte et de recueillir les sommes nécessaires par souscription. Sa proposition fut acceptée. Les mappes furent réduites en Italie à l'échelle du 256.000^e ; Bacler d'Albe ajouta le figuré des montagnes ; la carte allait paraître, quand l'occupation de la Lombardie par Souvarov obligea les ingénieurs géographes à s'enfuir précipitamment. Le général Berthaut a raconté comment les planches de Bacler d'Albe tombèrent entre les mains de l'ennemi (1). Lorsqu'on les retrouva quelques années plus tard à Vienne, l'officier français avait recommencé la gravure et publié son œuvre.

N'étant appuyées sur aucune triangulation régulière, la *Carte du théâtre de la guerre en Italie* et la *Carte topographique et militaire des Alpes* ne possèdent qu'une valeur médiocre au point de vue de l'exactitude ; elles ne sont utiles que par leur nomenclature. Dans la région du Fer-à-Cheval, Bacler d'Albe donne au Pic de Tenneverge sa désignation patoise, encore usitée, de Mont « Seiche Verd » ; il le représente comme un nœud d'arêtes rayonnant vers la « Dent du Midy », le « Gros Perron » et le Buet, ce qui est assez exact ; mais il se trompe en mettant le « Pas de Morsine » à la place du Sageroux, entre les vallées supérieures du Giffre et de la Viège. Bien que supérieure, dans la partie française, aux feuilles de Cassini, la représentation de Bacler d'Albe ne pouvait suffire aux exigences administratives et militaires. Son échelle est insuffisante. Aussi, le 23 thermidor an IX, un

1. Général Berthaut : *Les Ingénieurs Géographes Militaires*. Etude historique. Deux volumes in-4°. Paris. 1902. Tome premier, p. 187.

rapport adressé au Premier Consul par le Dépôt de la Guerre exposait les mesures nécessaires pour l'extension, en Savoie, de la carte de France au 86.400^e. Les matériaux du cadastre piémontais devaient être complétés par des opérations topographiques rigoureuses ; une triangulation d'ensemble permettrait d'assembler correctement les détails ; la haute montagne elle-même ne serait pas négligée et l'on déterminerait, aussi bien en altimétrie qu'en planimétrie, les cimes principales. Ce vaste programme reçut l'approbation des Consuls et une section d'ingénieurs géographes, sous la direction de l'astronome Nouet, se rendit en Savoie. Le premier signal fut édifié en messidor an X.

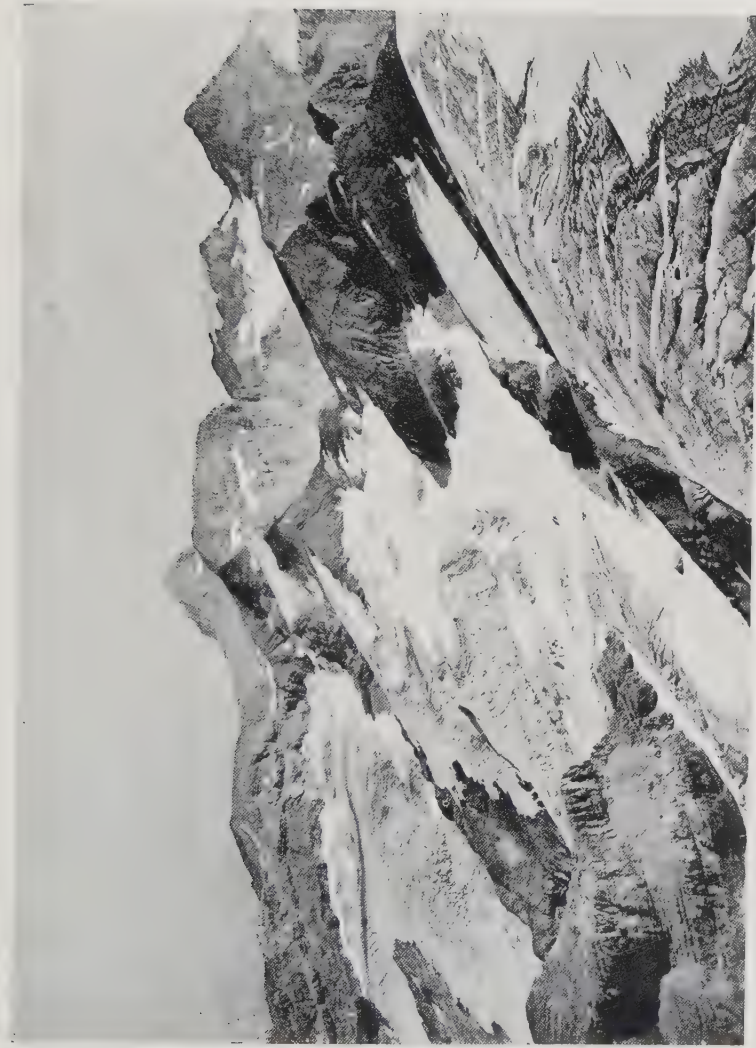
Nouet emprunta son côté de départ à la triangulation de Cassini. Ce fut la distance qui sépare la tour de Montellier de la tour de Chandieu, près de Lyon. Dans la suite, les points de Montellier et de Chandieu entrèrent dans la triangulation du parallèle moyen et leur intervalle fut diminué de trente-deux mètres (1). Il en résulta de nombreuses corrections. Au moyen du cercle répétiteur et d'une pendule astronomique, le chef de la mission observa et calcula les longitudes et les latitudes des villes et des bourgs les plus importants mais son grand âge lui interdisait les longues stations sur les sommets. Or, en pays de montagne, seuls les sommets peuvent être identifiés et visés à grande distance. Nouet se réserva donc bientôt les calculs qu'il effectua commodément à Chambéry et envoya son auxiliaire Corabœuf sur les cimes. Ce dernier se trouva en butte à l'hostilité des habitants et à la jalousie de Raymond. L'un se rendait compte que l'œuvre entreprise sur l'initiative du Dépôt de la Guerre vaudrait mieux que la sienne et les autres croyaient qu'en mesurant leurs propriétés on se préparait à augmenter leurs impôts. Le signal du Buet fut démoli à plusieurs reprises et Corabœuf se trouva fort empêché de le viser. L'exactitude de son réseau n'en fut cependant pas compromise. Il aboutit, pour le Mont-Blanc, à la cote de 4810,9 supérieure de quelques décimètres seulement à celle que trouvèrent un demi-siècle plus tard les officiers de l'Etat-Major. Après la mort de Nouet, survenue en 1811, le colonel Brousseau devint le chef du bureau topographique de la Savoie mais le travail dut être interrompu en 1814. Il servit dans une faible mesure pour établir la triangulation de premier ordre qui appuya les opérations de 1862.

1. Général Berthaut : *La carte de France. 1750-1798. Etude historique.* Paris 1898, Deux volumes in-4°. Tome second, p. 21.

Pendant ce temps, un ingénieur savoyard, ancien élève de l'Ecole du Génie de Mézières, puis hydrographe au service du roi de Sardaigne et enfin précepteur aux gages du duc de Gloucester, Albanis Beaumont, vint terminer sa carrière à Sixt. M. Henri Mettrier a conté la vie de cet aventurier, tour à tour sarde, anglais et français, demi-géologue, demi-mathématicien et voyageur, qui ne fit réellement progresser aucune des sciences qu'il effleura et qui se fit une réputation à force de jactance (1). Il se vanta d'avoir parcouru les sommets des Alpes afin d'y corriger, par des opérations trigonométriques, les fausses positions de la carte de Borgonio, mais en réalité il ne foula qu'une cime neigeuse, celle du Buet, et l'on sait qu'il propagea la légende du Mont-Iseran. Un décret du 4 juin 1809 lui octroya la concession d'une mine de fer située près de Boray, au fond de la combe de Sixt. Le minerai est une oolithe ferrugineuse impossible à exploiter, parce que les frais d'une extraction qu'il faudrait poursuivre au milieu de précipices ne sauraient être couverts par les recettes. L'industriel commença de se ruiner avant de mourir. Ses historiens l'ont représenté comme un précurseur de l'alpinisme scientifique, mais il est bien difficile de partager leur indulgence. Qui veut juger Beaumont comme topographe n'a qu'à comparer ses vues perspectives aux mesures d'un Nouet ou d'un Corabœuf, voire même aux travaux d'un Bacler d'Albe ou d'un Raymond ; qui veut l'apprécier comme observateur de la nature n'a qu'à rapprocher sa *Description des Alpes* Grecques des récits publiés par Saussure ou par les frères de Luc.

C'est en 1834 que Jacques Balmat, le vainqueur du Mont-Blanc, s'aventura sur le glacier du Ruan et disparut sans laisser de traces. Suivant une tradition locale, un peu d'or natif se trouvait mélangé aux débris entraînés par les cascades du Fer-à-Cheval ; d'où le nom de *Fontaine d'Or* appliqué à l'une des chutes du cirque. Il n'y avait en réalité que des pyrites mais Balmat se fia aux dires d'un chasseur de Valorsine, nommé Pache, qui se déclara capable de lui montrer le gisement. Tous deux partirent vers la fin de septembre et seul Pache revint. Il prétendit s'être arrêté à l'entrée d'un passage dangereux qu'il ne sut comment préciser ; Balmat aurait voulu continuer, malgré de pressantes instances, se serait éloigné et son compagnon aurait vainement attendu son retour. Alexandre Dumas, qui rédigeait à cette époque ses

1. Henri Mettrier : *Albanis Beaumont*. La Montagne. 1911.



Glaciers du Ruan et de Praçon, vus du Pic de Tenneverge

Cl. R. Perret

Impressions de voyage en Suisse, rapporta cette fin mystérieuse où les habitants de Chamonix voyaient un crime. Il fallut attendre dix-neuf ans pour que la vérité fut divulguée (1). La mort de Balmat avait eu des témoins : deux bergers de La Vogealle et le chasseur de Valorsine. Le vieux guide de Paccard et de Saussure avait en effet traversé seul le glacier du Ruan, s'était dirigé vers son extrémité inférieure et avait suivi la vire de schistes valanginiens qui prolonge vers le Sud la plate-forme du glacier et qui se trouve pincée entre deux escarpements de calcaires jurassiques ; il avait glissé au bord d'une gorge qui interrompt cette vire, au pied des séracs de Prazon, exactement un peu au-dessous du point 2.327 de la carte annexée à cette étude. D'après Charles Durier, il faut chercher la raison du long silence de Pache dans les menaces du syndic de Sixt. Ce dernier croyait comme tout le monde à l'existence du prétendu gisement et ne voulait pas que son emplacement fut révélé ; il redoutait, pour son pays, la servitude industrielle et les misères morales qui en résultent ; l'exemple d'Albanis Beaumont, beaucoup plus que les souvenirs de l'occupation romaine évoqués par Durier, l'avaient convaincu que la vie pastorale était plus en rapport avec les aptitudes de ses administrés que le rude labeur des mines. Intimidés par lui, les spectateurs du drame avaient promis de se taire.

Une version qui circule encore aujourd'hui dans le pays, parmi les contrebandiers de la frontière, donne à Pache un autre motif de réserve ; le chasseur de Valorsine se serait livré au braconnage tout en guidant Balmat et la peur d'une amende lui aurait commandé de fournir le moins de détails possible sur son équipée.

Entre la mort de Balmat et les investigations géologiques d'Alphonse Favre, durant une trentaine d'années, les hautes régions du Fer-à-Cheval ne reçurent aucune visite. C'est pourquoi la treizième feuille de la carte sarde, parue du reste après l'annexion, les représente si grossièrement. Les éloges que le *Mémorial du Dépôt général de la Guerre* décerne à juste titre aux géodésiens piémontais n'ont pas été mérités par les topographes chargés de compléter leur œuvre. Sans doute, le canevas trigonométrique qui devait appuyer les opérations de détail, bien que très précis, n'était pas assez dense ; seul le Colonné, dans les environs de Sixt, fut déterminé par triangulation ; il n'en reste pas moins que la planimétrie d'ensemble, le tracé des cours d'eau et le figuré du terrain ne

1. Charles Durier : *Le Mont-Blanc*, 3^e édition. Paris. 1881. in-12^e. p. 116.

montrent aucun progrès sur le travail de Bacler d'Albe. Quand le Bureau topographique de la Savoie suspendit ses opérations en 1814, il existait dans l'Italie septentrionale un grand nombre de triangles, mesurés par les ingénieurs géographes français, s'étendant dans le sens d'un même parallèle terrestre, depuis Fiume près de l'Adriatique jusqu'à Rivoli près de Turin. D'autre part la chaîne géodésique du parallèle moyen, commencée par ordre de Napoléon I^{er} sur les bords de l'Océan, avait dû être arrêtée en 1818 à la frontière de la Savoie. On voulut posséder des mesures ininterrompues depuis la tour de Cordouan jusqu'à Fiume (1). Comme les visées de Nouet et de Corabœuf ne comportaient pas le degré de précision nécessaire à la jonction des deux réseaux, le gouvernement piémontais chargea deux missions, placées sous les ordres des astronomes Carlini et Plana, d'établir une chaîne de triangles à travers les Alpes. On choisit comme côté de départ la distance Colombier-Granier à laquelle on attribua, pour les calculs, une longueur de 48.204 m. 82 ; le travail, commencé en 1821, fut accompli au bout de trois campagnes, toutes passées sur les plus hauts sommets des Alpes Grées et Cottiennes.

Lorsque furent terminés, en 1825, les calculs des angles observés par Carlini et Plana, on commença immédiatement des opérations de premier et de deuxième ordre afin de couvrir l'ensemble des états sardes d'un réseau précis. Trois cent soixante-sept points trigonométriques furent ainsi déterminés. Le réseau de troisième ordre, pour aller vite, fut en partie emprunté à Nouet et à Corabœuf (2). S'il n'offrait pas l'exactitude rigoureuse exigée par les géodésiens, il était cependant suffisant pour les besoins de la topographie et la carte sarde eût été irréprochable si les détails planimétriques, au lieu d'être représentés entièrement à vue, avaient été appuyés sur quelques mesures géométriques. La treizième feuille, dite de Valorsine, où le Fer-à-Cheval se trouve porté, n'est ainsi qu'une caricature du terrain ; publiée après l'apparition de la carte du Mont-Blanc par Mieulet, elle emprunte les environs de Chamonix à l'officier français et les environs de Sixt au cadastre de 1728 ; il y a dans la zone de contact, près des Aiguilles Rouges, d'extraordinaires raccords.

1. *Opérations géodésiques et astronomiques pour la mesure d'un arc du parallèle moyen exécutées en Piémont et en Savoie en 1821, 1822, 1823*. Deux volumes in-folio, Milan, 1825. p. 6.

2. Paul Helbronner : *Description géométrique des Alpes Françaises*. Paris, 1910. in-4°. tome 1, p. 30.

Ce n'est pas au Fer-à-Cheval, mais sur les crêtes voisines des Fiz, qu'Alexandre Brongniart eut l'occasion de faire une des premières applications du principe fondamental de la géologie, en vertu duquel les terrains sont caractérisés par leurs fossiles. Ce souvenir mérite pourtant d'être rappelé à propos de Sixt. Dans une étude sur les *Caractères zoologiques des formations*, parue en 1821, Brongniart identifia le Gault du Dérochoir avec les couches similaires de la perte du Rhône, de Folkestone et de Rouen, et fonda la paléontologie stratigraphique (1). Elie de Beaumont, en 1852, eut l'occasion d'examiner quelques ammonites provenant du col de Tenneverge mais il ne récolta point lui-même ces échantillons (2); le premier géologue qui mit le pied dans ces régions fut Alphonse Favre. Il convient de rendre hommage à ce remarquable savant, l'un des plus consciencieux observateurs qu'on ait connus, ascensionniste dont les cotes barométriques ambulantes, vérifiées trigonométriquement, se sont fréquemment trouvées bonnes à dix mètres près, précurseur dont les hypothèses, d'abord discutées, ont reçu l'éclatante confirmation des travaux les plus récents. On savait voir et penser dans un temps où seule comptait la formation acquise sur le terrain. « Je ne connais pas, écrivait le naturaliste genevois, de jouissance plus vive que la poursuite et l'étude d'une idée dans un laboratoire aussi splendide que la chaîne des Alpes (3). »

Lorsque Favre arriva dans la vallée de Sixt, il venait d'examiner dans la vallée de l'Arve le contournement d'Arpenaz précédemment décrit par Saussure et on lui avait signalé l'existence, près des chalets de Sales, d'un phénomène regardé jusqu'alors comme une anomalie : la répétition, à des niveaux différents, d'une même couche de Gault. Alphonse Favre pensait qu'il n'y a point d'anomalies dans la nature mais seulement de mauvaises explications dans la tête des savants. Il résolut d'explorer minutieusement, non seulement les environs des chalets de Sales, mais encore les montagnes du Fer-à-Cheval, jugeant qu'une investigation sur la rive droite du Giffre l'aiderait peut-être à démêler les problèmes de la rive

1. Alexandre Brongniart : *Sur les caractères zoologiques des formations*, Annales des Mines, tome vi, 1821.

2. Elie de Beaumont : *Notice sur les systèmes de Montagnes*, Paris, 1852, in-16°. P. 455.

3. Alphonse Favre : *Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc*, Genève, 1867. Trois volumes in-8°, tome 1. Introduction, p. vi.

gauche. Il découvrit aux Avoudrues la même superposition de lits identiques par leurs caractères lithologiques comme par leurs fossiles et n'apercevant aucune ondulation dans les bandes du terrain, il admit la présence d'une dislocation (1). En réalité il n'y a point de faille mais une succession de plis qui se recouvrent horizontalement et dont les charnières ont été décapitées par l'érosion. Opérant seul sur un territoire étendu, Favre ne put réunir assez d'observations pour s'élever jusqu'à la théorie moderne des charriages; il arriva cependant à concevoir la formation des montagnes par refoulement latéral. Après avoir vu, à la Dent de Morcles, le nummulitique reposer sur le lias, et, près de Sixt, le Malm pénétrer comme un coin dans les schistes néocomiens, après avoir rencontré de nombreuses charnières synclinales sur les versants qu'il avait parcourus, il se demanda si une loi générale n'ordonnait pas ces bizarreries apparentes et il écrivit ces lignes caractéristiques: « Je ne sais si le prolongement des Faucilles du Chantet doit se chercher dans les grands contournements du fond de la combe de Sixt ou dans la structure si bizarre du mont Grenier; mais je croirais volontiers que ce genre de plissement est fort répandu dans toute l'étendue du terrain jurassique (2). »

Alphonse Favre acheva de publier en 1867 ses fameuses *Recherches*, aboutissement de longues années d'enquête. Une partie de l'ouvrage renferme une description minutieuse des phénomènes erratiques, signale d'anciennes moraines, tente de reconstituer la marche des glaciers disparus. Sans doute on eût aimé voir l'instinct géographique égalier chez Favre les dons géologiques et la curiosité des phénomènes actuels compléter cette laborieuse exhumation du passé. Mais son œuvre doit servir aux géographes comme une histoire bien faite devrait servir aux hommes politiques: c'est une admirable introduction.

Les nombreux croquis publiés par le naturaliste genevois dans l'atlas qui accompagne son ouvrage prouvent du moins qu'il savait observer les formes du terrain; peut-être eût-il songé à les expliquer, comme Viollet-le-Duc, s'il eût possédé, au lieu de la carte sarde, un document figurant avec exactitude les accidents du relief. Les officiers de l'Etat-Major français reçurent la mission d'établir ce portrait fidèle immédiatement après la seconde annexion et ils s'y employèrent dès

1. Alphonse Favre : *Recherches géologiques*. t. II, p. 268.

2. *Ibidem*, tome II, p. 258.

l'année 1862 sous la direction du lieutenant-colonel Borson, ancien officier de Victor-Emmanuel passé avec son grade dans l'armée de Napoléon III et attaché au Dépôt de la guerre. On voulut malheureusement aller trop vite et les procédés employés témoignent de plus d'ingéniosité que de méthode. Le gouvernement de Paris s'adressa au gouvernement de Turin pour obtenir communication de tous les renseignements géodésiques se trouvant dans les bureaux de l'Etat-Major piémontais. On se procura ainsi les éléments des triangles mesurés dans la Maurienne par Carlini et Plana et ceux qui avaient servi à établir le canevas général de la carte sarde. On utilisa également les points déterminés par Corabœuf pour atteindre le Mont-Blanc, c'est-à-dire les sommets du Charvin, du Semnoz, du Salève et du Môle. Un réseau de premier ordre fut constitué avec ces matériaux de sources diverses ; on s'en contenta pour appuyer les opérations complémentaires à effectuer sur le terrain.

Il est de toute justice de reconnaître que ce réseau était beaucoup plus homogène qu'il ne paraît. En effet, le côté de départ de l'enchaînement géodésique poursuivi de Chambéry à Turin par les ingénieurs de 1821 avait été emprunté à notre parallèle moyen, comme on l'a vu plus haut, et d'un autre côté les calculs de Corabœuf avaient été recommencés et les triangles de Cassini repris après l'achèvement des travaux concernant ce même parallèle moyen. Mais la triangulation complémentaire, destinée à fournir aux topographes un canevas serré, dût être confiée à de jeunes officiers, qui n'avaient ni la pratique de la haute montagne, ni l'expérience professionnelle des anciens géodésiens. Ceux-ci étaient morts sans avoir formé d'élèves. Le capitaine Mercier, chargé des triangles de la feuille d'Annecy, se rendit à Sixt en juillet 1862 ; il occupa successivement autour de ce village les stations du Colonné, des Grands-Vans, de Nantgolon, de Bossetan, d'Aillère, de la Pointe Pelouse, de la Pointe de Sales, de Pointe Rousse et du Buet (1). Ces points méritent donc une confiance relative, exception faite pour Bossetan, dont la position fut déterminée à l'aide d'un relèvement sur un nombre insuffisant de signaux, sans aucune vérification. Quant aux points de troisième ordre fixés par intersection et non stationnés, on doit jusqu'à preuve du contraire les tenir pour suspects ; aucune reconnaissance préalable n'avait été effectuée dans la région ; le capitaine Mercier fut maintes fois vic-

1. Renseignements provenant du Service Géographique de l'Armée.

time de confusions à propos de signaux naturels mal définis ; il identifia les uns avec les autres et aboutit même à la détermination de points fictifs.

Le canevas trigonométrique destiné à appuyer la topographie de la carte au 80.000^e n'offre donc pas, en Savoie, les mêmes garanties de précision que dans les autres parties de la France. Certains officiers d'un mérite exceptionnel, comme Mieulet, s'en aperçurent et n'hésitèrent pas à corriger, tout au moins à vérifier, les résultats des géodésiens par des opérations graphiques. Aussi la carte du Mont-Blanc, tirée en cinq couleurs et publiée en 1865, est-elle une œuvre admirable ; inférieure par le dessin du rocher et par l'effet de relief à la carte Barbey-Imfeld-Kurz qui lui est postérieure de trente ans, elle lui est supérieure en bien des cas pour l'exactitude. Mais les collaborateurs de Mieulet n'avaient pas tous le même talent, ni la même scrupuleuse conscience, et parmi eux le capitaine Hiver, chargé de la vallée de Sixt, se montra le plus indifférent au succès de sa mission. En principe, le fond de la planimétrie devait être fourni par les réductions des plans cadastraux ou par les anciens levés des ingénieurs géographes ; afin d'utiliser ces documents, les officiers topographes devaient faire précéder leur reconnaissance d'une triangulation à la boussole fournissant des points sûrs répartis sur la planchette ; on eût ainsi réuni, en fort peu de temps et à peu de frais, les éléments d'une représentation satisfaisante (1). Il en fut tout autrement dans la réalité, car les anciens cadastres n'embrassaient point les régions stériles. A Sixt comme à Chamonix, presque tout le travail planimétrique dut être effectué sur le terrain dans un trop court espace de temps. On figura géométriquement, à l'aide de points cotés, les crêtes, les thalwegs, les lignes de charpente du sol et l'on encadra dans ce réseau qui aurait dû être précis des figures à vue.

Malheureusement les opérateurs de 1863 ne disposaient que d'un instrument lourd et fort délicat, qui était peut-être ce que l'on avait de meilleur à cette époque, mais bien inférieur aux outils créés par le colonel Goulier et médiocrement adapté aux exigences d'un levé en haute montagne : la boussole à éclimètre Rochette. Aucun système de réglage ne permet de remédier à la collimation de sa lunette ; aussi une instruction remise aux officiers leur recommandait de vérifier

1. Général Berthaut : *La carte de France, 1750-1898. Etude historique*. Paris, 1897. Deux volumes in-4, tome second, p. 59.

fréquemment, par des visées réciproques, l'état de leur instrument : « Avant de déterminer l'erreur de collimation, il faudra s'assurer si l'objectif de la lunette est fortement vissé et ne peut se mouvoir ; et lorsqu'on trouvera un changement de collimation, sans cause apparente, il faudra examiner si l'objectif ne se serait pas dévissé et ne serait pas mobile (1). » Il semble bien que le capitaine Hiver ne tint pas le moindre compte de ces sages prescriptions. En comparant ses altitudes avec celles que M. Henri Vallot a obtenues près de Valorsine, on s'aperçoit que les cotes des stations occupées par l'officier d'état-major sont beaucoup trop basses et que celles des points intersectés sont trop fortes ou trop faibles suivant que les distances de ces points aux stations se trouvent être inférieures ou supérieures aux distances séparant les stations des signaux ayant servi à les relever. Ces écarts ne peuvent résulter que d'une erreur de collimation ignorée par l'opérateur. Or l'erreur ne fut pas constante ; elle varia pendant la campagne et oscilla entre un demi grade et un grade ; l'altitude du col des Montets est fausse de 17 mètres, celle de la Flégère de 71 mètres et celle du col de Bérard de 103 mètres (2). Il est donc probable que l'objectif du capitaine Hiver remuait dans sa monture. On jugera par là quel degré de confiance méritent ses levés.

Depuis l'achèvement de la carte au 80.000^e, aucune opération géodésique ou topographique officielle n'a été exécutée dans les Alpes de Sixt par les services français. Mais si le rattachement complet du canevas trigonométrique de la Savoie aux chaînes de notre premier ordre n'a pas été entrepris, deux pays étrangers, la Suisse et l'Italie, ont obtenu l'autorisation de prolonger sur notre territoire leurs triangles fondamentaux et le Colonné fut visité le 30 juillet 1877 par les ingénieurs de la commission géodésique fédérale (3). On sait que la triangulation qui appuya les levés de la carte Dufour manquait d'homogénéité ; on avait utilisé des travaux particuliers, comme ceux du chanoine Berchthold dans le Valais ou de J.-F. Osterwald dans le canton de Neuchatel ; on s'était servi des éléments mesurés sous le Premier Empire par les ingénieurs géographes ; on s'était borné à compléter ces divers matériaux

1. Instruction du 15 mars 1851, citée par Henri Vallot : *Appréciation documentaire sur quelques cartes modernes du Massif du Mont-Blanc*. Annales de l'Observatoire Météorologique du Mont-Blanc, 1905, tome VII, p. 12.

2. Renseignement dû à M. Henri Vallot.

3. *Das Schweizerische Dreiecknetz*. Zurich, 1881, in-4^o, p. 33.

en les étendant de tous côtés. Cette manière de procéder avait permis d'aller vite ; mais lorsqu'en 1861 la Suisse résolut de coopérer à l'œuvre internationale de la mesure du degré, il fallut refaire d'une manière non pas empirique, mais bien rationnelle, la triangulation primordiale. Le nouvel enchaînement dépassa les limites de la Confédération helvétique ; on le raccorda, au Colonné, à l'un des points de premier ordre de l'ancienne triangulation sarde ; les deux déterminations coïncident d'une manière satisfaisante.

La carte topographique de la Suisse au 100.000^e et la première édition de l'atlas Siegfried qui découle de la même source représentent, non seulement le revers valaisan du Fer-à-Cheval, mais encore une partie du territoire savoyard. En effet, bien que situés exclusivement en France, les pâturages de Tenneverge ne sont pas accessibles au bétail du côté de Sixt ; aussi cette dernière commune en a-t-elle abandonné la jouissance aux bergers de Salvan. La coutume remonte à plusieurs siècles. Ignorants de ces traditions, les collaborateurs du général Dufour n'hésitèrent point à englober dans le périmètre de leurs levés le sol exploité par leurs compatriotes et ils firent passer la frontière à plusieurs kilomètres au Sud de sa vraie position. Cette erreur ne fut reconnue qu'en 1891, au moment des opérations de délimitation nécessitées par la convention passée entre le gouvernement français et le conseil fédéral. Il y eut à ce propos, non pas cession d'un territoire helvétique à la France, mais restitution d'un bien involontairement usurpé.

Mes levés personnels dans cette région m'ont permis de découvrir des fautes planimétriques et altimétriques qui compromettent assez gravement l'exactitude de la feuille publiée en 1879 par le bureau topographique fédéral. On sait que, dans le principe, l'atlas Siegfried ne devait être que la reproduction des minutes de la carte Dufour mais comme ces minutes avaient été faites en vue d'une réduction, les courbes n'y avaient qu'une valeur figurative et les formes avaient été rendues avec plus de goût artistique que de rigoureuse précision. Il fallut donc procéder à une revision. Or, dans le cas présent, la revision a été malheureuse, puisqu'on a remplacé les excellentes cotes de la carte au 100.000^e par de mauvaises. Il est évident que celles de la chaîne frontière ont été simplement copiées sur notre carte au 80.000^e ; elles sont généralement exprimées par les mêmes chiffres, comme si les altitudes suisses étaient comparables aux nôtres sans soustraction. Cette coïncidence est d'autant plus curieuse que les posi-

tions ne sont pas les mêmes. Ainsi la Finive, point trigonométrique de l'atlas Siegfried et point topographique de l'Etat-Major, est placée d'une façon correcte par la carte suisse et défectueuse par la carte française ; or la carte suisse reproduit la cote française 2.877, qui est fausse de 33 mètres. En 1861, la carte Dufour avait indiqué l'altitude bien meilleure de 2.836 mètres. On peut citer l'exemple d'une erreur inverse : une cote excellente accompagnant une mauvaise position, ce qui ne peut guère être expliqué que par la copie de la cote. Le rebord du Fer-à-Cheval a été représenté sur l'édition suisse de 1879 avec des erreurs de position atteignant en moyenne neuf cents mètres. Dans ces conditions, il est singulier que le point 1.727, sommet de la cascade de la Lyre, soit exact comme altitude ; il est vrai que c'est la cote du capitaine Hiver, qui avait bien placé cette cascade. Je n'attache pas grande importance au chiffre 1.367 placé à l'entrée des ravins de la Croix-Moccand ; cette altitude serait fausse de 350 mètres ; mais il y a une inversion de chiffres dont on se rendra compte en examinant les courbes de niveau : c'est 1.637 qu'il faut lire, cote cependant inexacte de près de 80 mètres, puisque l'altitude réelle est de 1.716 mètres (moyenne de trois visées concordantes). Cet écart n'est pas surprenant si l'on songe que l'erreur de la position est de 1.300 mètres !

Bien que mieux dessinée, la feuille 525 de l'atlas Siegfried n'offrait donc aucune supériorité géométrique sur la feuille 160 *bis* de l'Etat-Major français. Le bureau topographique fédéral s'en aperçut et chargea en 1900 M. Jacot-Guillarmod de lever à nouveau la région qu'elle représente, sur triangulation rectifiée. L'enchaînement primordial de la Suisse avait été refait entre les années 1863 et 1890. Ce réseau comporte des chaînes de grands triangles se rapprochant le plus possible de la forme équilatérale qui est la plus favorable et dont les côtés ont des longueurs variant entre trente et cent kilomètres ; il se raccorde à ceux des pays environnants par les côtés extérieurs de ses triangles extrêmes et sert d'appui aux opérations de deuxième et de troisième ordre exécutées dans chaque canton pour les besoins de la carte (1). Il existe ainsi une grande décentralisation administrative éminemment favorable aux revisions de détail. Cette décentralisation est poussée si loin que la surface de chaque canton est projetée

1. La Suisse, *Etude géographique, démographique, politique, économique et historique*. Administration des publications du Dictionnaire géographique de la Suisse, Neuchâtel, in-8°. Article Ch. Jacot-Guillarmod.

à part suivant le système de Bonne et ne peut être assemblée, sur un plan, avec la surface des cantons voisins. C'est pourquoi il n'y a pas en Suisse à proprement parler de carte générale au 50.000^e, mais bien un *atlas* formé par des travaux isolés. Il s'agit d'une organisation absolument différente de la nôtre, où la carte au 80.000^e représente un tout dont les parties sont étroitement solidaires et par conséquent intangibles. Une révision intégrale y est à peu près impossible. Au contraire, M. Jacot-Guillarmod a pu faire œuvre nouvelle dans la région de Barberine sans être aucunement tributaire de ses prédécesseurs ; il a su réaliser, tant au point de vue de l'exactitude géométrique que du figuré du terrain, un modèle que M. E. de Margerie s'est plu à louer en ces termes : « le rendu des innombrables bosses rocheuses de toutes tailles qui accidentent les surfaces cristallines, de même que celui des vires caractéristiques du manteau sédimentaire, est vraiment merveilleux. L'examen des mêmes feuilles en première édition montrera combien, grâce à une rare intelligence de la forme, l'ensemble a été comme vivifié par le nouvel opérateur (1). »

En comparaison du labeur fourni dans les hautes Alpes de Sixt par les naturalistes et les topographes, le mérite des simples alpinistes se réduit à bien peu de chose. Ceux-ci ont été véritablement guidés par ceux-là. Lorsque M. Alfred Wills, alors président de l'*Alpine Club*, gravit en 1863 le sommet du Pic de Tenneverge, Alphonse Favre s'était déjà approché à moins de deux heures du but. Les rochers des Fiz ont été explorés par des géologues, Brongniart, Beudant, Necker ; les arêtes du Grenier et du Buet par des physiciens, les frères de Luc et Saussure ; aux Avoudrues, aux Dents Blanches, au Cheval-Blanc, on retrouve Alphonse Favre. Si la découverte des voies d'accès au Ruan est l'apanage exclusif des touristes, la carte Dufour en représentait les moindres détails depuis quatorze ans et M. Wagnon n'atteignit la Finive qu'après avoir étudié sa structure dans l'*atlas* Siegfried. Ce sont les souvenirs du capitaine Mercier, encore vivants dans la mémoire de ses anciens porteurs, qui m'ont guidé jusqu'à moins de cent mètres de la pointe septentrionale d'Aillère et le capitaine Mercier, en mettant le pied sur la pointe méridionale, a dû suivre lui-même des traces fort anciennes, puisque Brongniart, en 1821, dessinant ce sommet, y figura un signal

1. E. de Margerie : Observations sur la feuille « Tignes » de la nouvelle carte de France au 50.000^e. *Procès-verbaux de la Commission de Topographie du Club Alpin Français*. Séance du 8 mars 1912.



Cl. R. Perret

Le Pic de Tenneberge, vu de la Tour de Prædon

de pierre. On peut dire que nulle part les alpinistes n'ont abordé l'inconnu. Ils ont simplement attiré l'attention de la foule sur une région qui depuis plus de cent ans était célèbre dans la science. Leur rôle a été celui de vulgarisateurs.

Un géographe doit cependant rendre hommage au talent descriptif de M. Alfred Wills. Ce magistrat britannique possédait la langue française infiniment mieux que bon nombre d'écrivains genevois et même français qui lui ont succédé. Sentant vivement la beauté sévère de la haute montagne, il en a évoqué les aspects avec l'art d'un peintre et la précision d'un topographe. L'article qu'il fit paraître en 1882 dans l'*Annuaire du Club Alpin Français* devrait inspirer tout dessinateur soucieux de reproduire sur un plan la structure d'une grande cime ; qu'il s'agisse d'une page littéraire, d'une aquarelle ou d'une carte géométrique, il n'y a qu'un moyen de rendre sensibles les proportions de la montagne : c'est par l'accumulation de détails précis ayant chacun leur valeur dans un ensemble. Les épithètes romantiques, les couleurs trop lavées et les hachures conventionnelles manquent d'échelle et par conséquent rapetissent. Il y a donc une parenté entre les levés d'un Jacot-Guillarmod ou d'un Schrader, les dessins d'un Viollet-le-Duc ou d'un Holmes et le style d'un alpiniste comme Alfred Wills ; les uns et les autres possèdent la même vision.

Les itinéraires tracés par les alpinistes ont encore cet avantage d'avoir montré l'accessibilité des moindres rochers aux géologues modernes. Dans un massif où la structure est si complexe, le sol a quelquefois besoin d'être étudié mètre par mètre et la négligence d'un détail peut entraîner des hypothèses inexactes. S'il est impossible de porter un jugement définitif sur Maillard qui mourut prématurément, on ne peut qu'admirer le désintéressement avec lequel M. Emile Haug se proposa d'achever, en 1896, un travail commencé par autrui. Il fit preuve à maintes reprises d'un remarquable coup d'œil stratigraphique, corrigea fort heureusement le profil du Grenier donné par son prédécesseur et sut discerner à grande distance le chapeau de Néocomien qui coiffe le sommet de Tenneverge. Si M. Haug avait eu l'expérience de la haute montagne, il aurait sans doute réalisé l'œuvre menée à bien par ceux qui l'ont suivi ; mais n'ayant pas abordé les cimes, il dut se contenter de juger par conjecture là où d'autres, pour obtenir des certitudes, n'ont eu besoin que de meilleures occasions. D'excellentes notes avaient donc paru lorsque

M. Etienne Ritter vint à Sixt l'année suivante, mais aucune explication tectonique d'ensemble n'avait encore été donnée. Il lui était réservé de comprendre et d'expliquer les « anomalies » signalées par Necker et insuffisamment analysées jusque-là. Poursuivant dans la vallée du Giffre les recherches inaugurées au Mont Joly par Marcel Bertrand, il montra que les Alpes calcaires du Faucigny sont formées par l'empilement de plis couchés renversés parfois jusqu'à l'horizontale, isolés de leurs racines et dont les charnières ont été enlevées par l'érosion. Les nombreuses répétitions de lits contemporains qui avaient tant intrigué Alphonse Favre trouvent ainsi leur interprétation toute naturelle.

M. Etienne Ritter a donc l'incalculable mérite d'avoir jeté une lumière décisive sur des faits jusque-là obscurs. Il a su grouper en synthèse les éléments que des savants, appartenant à une suite de générations, avaient péniblement analysés. Dans son effort de généralisation, il se hâta cependant peut-être un peu trop. Il ne tint pas assez compte de la discordance qui sépare les plis jurassiques de la rive gauche du Giffre des plis crétacés de la rive droite ; comme l'avait déjà signalé M. Haug, les couches des deux époques ne s'emboîtent pas exactement. Les raccords établis par l'auteur entre ces divers contournements sont imparfaits ; il ne vit pas le chevauchement de la cascade d'Anterne, prolongation du pli supérieur du Nant d'Arpenaz, d'où il suit que l'anticlinal couché des Faucilles du Chantet, recouvert par le chevauchement d'Anterne, est l'homologue, non du pli supérieur d'Arpenaz, mais de la boucle inférieure. Ces rectifications importantes sont dues à M. Léon-W. Collet, ancien élève de l'Université de Genève. Ayant levé, pour le compte du gouvernement suisse, les contours géologiques des montagnes qui dominent Barberine et Salanfe, il fut chargé en 1908 par le gouvernement français de reviser le versant savoyard du même massif. Grimpeur adroit aussi bien qu'observateur averti, il explora des versants où nul homme de science ne l'avait devancé. Ses facultés d'alpiniste lui permirent d'achever le travail le plus complet que l'on possède en ce moment sur Sixt.

Les dernières pages du mémoire publié en 1910 par M. Léon-W. Collet sur *Les Hautes Alpes calcaires entre Arve et Rhône* sont consacrées à l'examen des formes actuelles du relief, à la reconstitution de la topographie originelle et à son évolution. Mais n'ayant entre les mains, pour la partie française, aucun document cartographique précis, l'auteur s'est borné

sagement à un petit nombre de remarques générales qu'il y a lieu de compléter. Il convient d'ailleurs de n'aborder qu'avec une extrême prudence le domaine des hypothèses lorsqu'il s'agit d'une région aussi complexe. Un géographe ne saurait trop se pénétrer de cet axiôme qu'un fait bien établi est plus utile que dix systèmes non vérifiés : « En matière de progrès scientifique, a écrit M. J. Hirsch, la certitude est de beaucoup le facteur le plus efficace. »

TOPOGRAPHIE

Tout levé doit être appuyé sur un canevas destiné à empêcher l'accumulation des erreurs qui proviendraient d'une extension exagérée donnée aux opérations de détail. C'est pourquoi M. Henri Vallot, avant de commencer son travail à la planchette dans la vallée de Chamonix, a entrepris l'exécution d'une triangulation appuyée sur une base spéciale, rattachée au deuxième ordre de la Savoie et à un côté de la nouvelle triangulation italienne ; toute l'altimétrie est basée sur le nivellement général de la France. C'est également pour cette raison que M. Paul Helbronner poursuit en ce moment dans les hautes régions des Alpes l'exécution d'un réseau complet, qui fournira de nombreux points de départ ou de vérification aux topographes de bonne volonté. Mais l'éminent géodésien ne doit visiter qu'en 1914 les sommets du Faucigny ; s'il a gravi le Colonné, le Buet et les Hautforts en 1907, c'était uniquement afin d'y effectuer les observations nécessaires à l'établissement de sa chaîne méridienne (1). Il suit de là que les points trigonométriques actuellement utilisables autour de Sixt sont malheureusement en petit nombre et qu'on aura vite fait d'en dresser l'inventaire.

La nouvelle triangulation du Valais, entreprise depuis l'achèvement du réseau primordial de la Suisse, fournit sur la frontière ou dans ses parages les positions et les cotes de Bossetan, de la pointe de Foilly (Dents Blanches), de la pointe des Rousses, du Cheval-Blanc, de Bel-Oiseau, de la Pointe-à-Boillon et du Luisin. Ces points appartiennent pour la plupart au deuxième ordre cantonal (troisième ordre fédéral) ; ils sont marqués sur le terrain par des signaux visibles sur des photographies prises à courte distance. Leurs altitudes sont inscrites avec la première décimale sur la feuille 525 de l'atlas topographique Siegfried ; mais leurs coordonnées n'ont pas été

1. Paul Helbronner : *Description géométrique des Alpes Françaises*. Paris, 1910, in-4°, tome I.

publiées ; on est donc réduit à relever graphiquement leurs positions. C'est ainsi qu'a procédé M. X. Imfeld pour l'établissement du canevas de la carte du Mont-Blanc (1). On sait que les altitudes suisses doivent être baissées de 3 mètres 30 pour être comparées aux altitudes françaises. En effet, le point de départ des cotes suisses est la Pierre-à-Niton dans le port de Genève dont la hauteur au-dessus du niveau moyen de la mer, qui est exactement de 373 m. 60, fut fixée à 376 m. 90 pour l'atlas Siegfried. Les opérations complémentaires que j'ai exécutées en 1911 dans la région du Buet et des Fiz m'ont permis d'intéressantes comparaisons, puisqu'elles ont comporté la détermination du Cheval-Blanc, point trigonométrique appartenant déjà au deuxième ordre du Valais. Je n'ai pu trouver d'écart graphique appréciable entre les deux positions ; quant aux altitudes, la différence est de neuf décimètres seulement, étant donnée la différence des zéros (2831, 1 cote française au lieu de 2833,5 cote suisse). Mes nouvelles cotes tirent leur origine de la triangulation Henri Vallot, c'est-à-dire indirectement du Nivellement Général de la France.

J'ai dit plus haut quelles avaient été les stations occupées en 1862 par le capitaine Mercier et pourquoi sa détermination de Bossetan ne mérite pas grande confiance ; il y a un écart de huit mètres entre l'altitude qu'il a obtenue (2411,1) et celle de l'atlas Siegfried (2406,5), en tenant compte de la différence des zéros ; c'est un résultat inadmissible pour des opérations géodésiques. On peut tirer parti des autres points de deuxième ordre disséminés autour de Sixt, dont les coordonnées ont été publiées dans le *Recueil des positions géographiques et hauteurs absolues de la Carte de France*. Leur précision est suffisante pour les besoins ordinaires de la topographie. On remarquera que les cotes, qui généralement en Savoie sont trop hautes d'environ trois mètres, se trouvent ici affectées par une erreur constante en sens inverse, qui les rend directement comparables à celles du Nivellement Général ; c'est ce qui explique pourquoi le capitaine Mercier a trouvé pour le Belvédère des Aiguilles Rouges exactement le même chiffre que M. Henri Vallot : 2965,7. Les signaux construits en 1862 sont en général assez bien conservés, surtout lorsqu'ils ont été placés sur des sommets que les alpinistes ne fréquentent point. L'homme de pierre qui surmonte la pointe méridionale d'Aillère est encore presque intact. Par exception, il ne

1. Henri Vallot : *Appréciation documentaire sur quelques cartes modernes du massif du Mont-Blanc*, Annales de l'Observatoire Météorologique du Mont-Blanc. Tome VII, p. 28.

reste absolument rien au sommet de Pointe Pelouse ; ce n'est pas très étonnant, si l'on songe que cette croupe herbeuse est régulièrement visitée par les membres des sociétés genevoises ; le signal que j'y ai reconstruit, selon toute vraisemblance, n'aura pas une longue durée.

Les points de troisième ordre de la carte de France, déterminés par intersection en vue d'appuyer des levés à petite échelle, ne sauraient sans examen préalable être utilisés pour un travail précis. Ils correspondent la plupart du temps à des accidents naturels et ne sont désignés par aucune pyramide ; l'inconvénient est secondaire lorsqu'il s'agit d'une roche aiguë parfaitement identifiée ; il est au contraire majeur dans le cas où les formes du terrain sont indécises ; on ne peut alors savoir réellement ce qui a été visé. Sur ma demande, M. Henri Vallot a fait auprès du Service Géographique de l'Armée une enquête destinée à établir quel parti pourrait être tiré des points de troisième ordre calculés par le capitaine Mercier ; il résulte de son examen que le sommet des Avoudrues a été obtenu à l'aide de directions passant toutes sensiblement par le même point ; le polygone d'erreur est acceptable et l'altitude adoptée (2672,1) ne présente qu'un faible écart avec les résultats partiels dont elle est la moyenne. Les triangles ayant servi à la détermination du Grenier de Commune ou « Grenairon » de la carte au 80.000^e sont mal conformés et le polygone d'erreur ne vaut pas celui des Avoudrues ; la position admise ne doit cependant pas être très éloignée de la vérité. Enfin les coordonnées qui définissent le col d'Anterne coïncident, jusqu'à la troisième décimale, avec celles de la nouvelle triangulation du Mont-Blanc.

Les autres points déterminés en 1862 par les méthodes trigonométriques ne sauraient être employés, dans la région de Sixt, pour la formation d'un canevas. L'insuffisance de quelques-uns d'entre eux fut reconnue immédiatement. C'est ainsi que le Mont Sageroux et le Rocher du Roan (Tour de Susanfe), bien que visés au théodolite, ne figurent sur la carte de l'Etat-Major que comme points topographiques. Mais on a eu le grand tort d'accepter sans vérification nouvelle la position et la cote du Pic de Tenneverge. C'est une histoire édifiante qui vaut la peine d'être narrée plus en détail.

Le Pic de Tenneverge a été visé par le capitaine Mercier depuis les stations du Colonné, de la Pointe de Sales et des Grands-Vans. Lorsque, au moyen des observations de cet officier, on calcule le point par deux triangles, on aboutit à des résultats singulièrement discordants. Le sommet conclu

du triangle Grands-Vans-Colonné-Tenneverge se trouve à un kilomètre environ du sommet conclu du triangle Grands-Vans-Pointe de Sales-Tenneverge. N'ayant fait de lectures zénithales qu'à la station des Grands-Vans, l'opérateur ne put se tirer d'embarras par la concordance ou la discordance des altitudes partielles et dut choisir au petit bonheur. Il fut mal inspiré et adopta le mauvais triangle. La cote 2.932, inscrite sur la carte au 80.000^e, est inférieure de plus de cinquante mètres à celle de la topographie suisse ; il ne s'agit point d'une erreur de gravure, comme certains alpinistes l'ont insinué, mais bien d'une véritable aberration (1). Si, au contraire, on calcule le point avec les éléments du triangle : Grands-Vans-Pointe de Sales-Tenneverge, négligé à tort par Mercier, on trouve une position et une cote très voisines de celles que donne la carte suisse (2). Quant au col de Tenneverge, point géodésique, il n'a été déterminé en 1862 que par un seul triangle très pointu ; sa position ne peut donc être vérifiée par les observations elles-mêmes ; il faut noter cependant qu'elle présente un écart très sensible avec les indications portées sur l'atlas Siegfried. Visiblement, le capitaine Mercier a été victime de confusions depuis la station du Colonné.

Les Alpes calcaires de Sixt enveloppent le massif cristallin des Aiguilles Rouges et du Mont-Blanc. Les moindres sommets de l'auréole sédimentaire offrent d'admirables panoramas sur la chaîne triangulée par M. Henri Vallot. C'est dire l'étroite solidarité topographique des deux régions. Un opérateur soucieux de photogrammétrie voit apparaître sur les clichés pris autour du Giffre les cimes qui dominent l'Arve ; ce sont autant de signaux naturels qui doivent servir au calcul de la ligne d'horizon. L'incertitude dans la position des points trigonométriques déterminés pour la carte au 20.000^e du Mont-Blanc ne dépasse pas quelques décimètres pour les points primaires et reste inférieure au mètre pour les points secondaires, tous bien définis. Le nivellement a comme origine l'altitude des repères du Nivellement Général de la France, établis près de Chamonix ; vérifiées par comparaison avec d'autres repères situés dans la vallée de l'Arve, les nouvelles cotes se sont trouvées bonnes en général à moins de cinq décimètres près (3). Je dois à l'auteur la communication

1. Paul Perret : *Autour de Sixt et de Chamonix*. Annuaire du Club Alpin Français, 1882, p. 486.

2. *Procès-Verbaux de la Commission de Topographie du Club Alpin Français*. Séance du 5 janvier 1911.

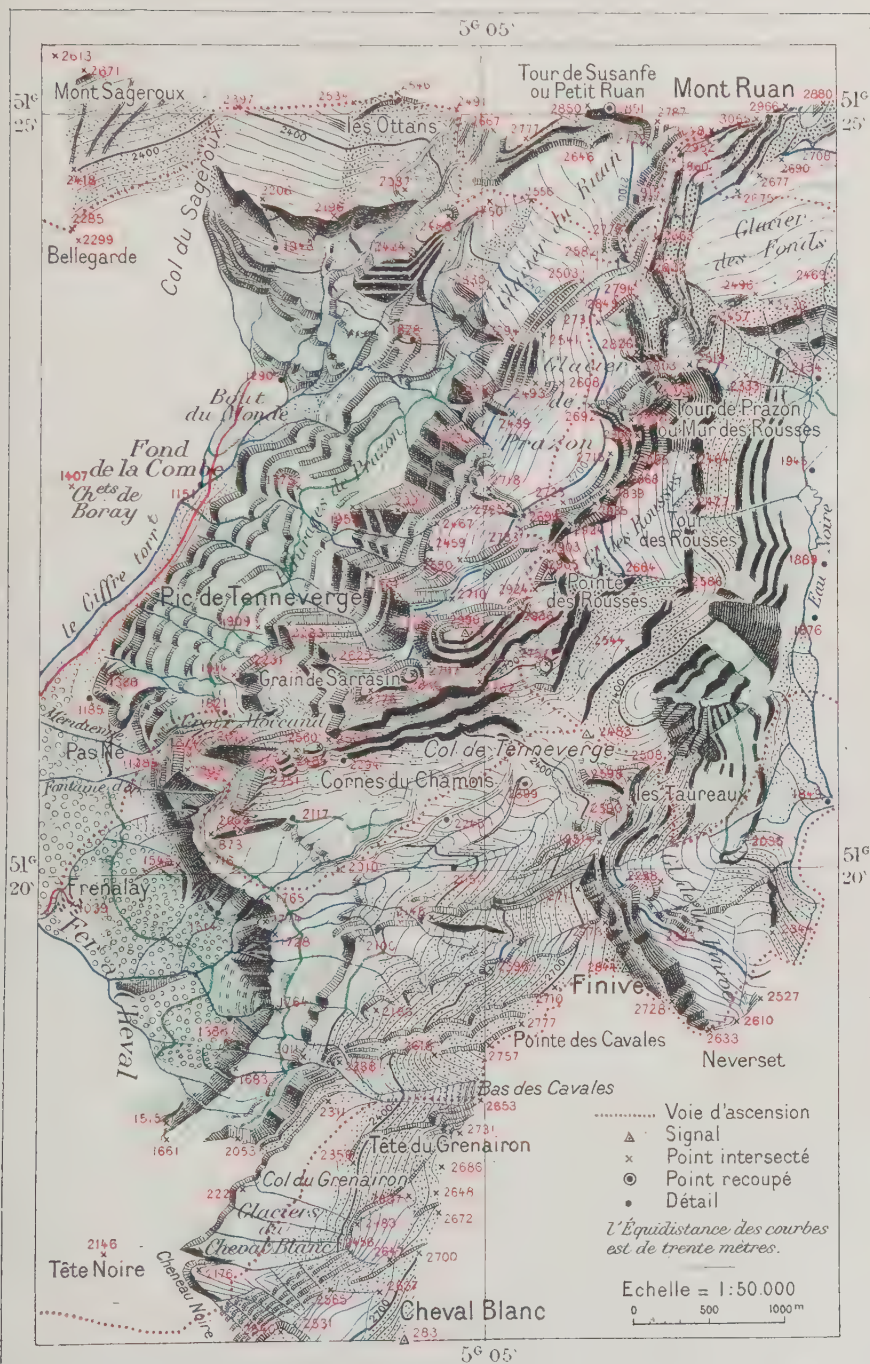
3. Henri Vallot : *Etat d'avancement des opérations de la carte du massif*

des résultats susceptibles d'intéresser un topographe s'occupant de Sixt ; depuis le Buet jusqu'au Colonné, tous les sommets qui accidentent le rebord du massif calcaire ont été gravés ou visés pour les besoins de la carte du Mont-Blanc.

Un canevas général formé par l'addition de signaux trigonométriques appartenant à des réseaux différents manque assurément d'homogénéité ; c'est un inconvénient qu'il ne faut pas dissimuler, mais qu'il est inutile d'exagérer, lorsqu'on a eu la précaution d'éliminer les points douteux et lorsqu'on connaît exactement l'écart qui sépare les zéros fondamentaux de chaque système de nivellement ; enfin je ne me suis proposé, en dessinant la carte au 50.000^e du Fer-à-Cheval, que l'exécution d'un travail provisoire, d'une reconnaissance, où le degré de précision ne pouvait être absolument de même ordre que celui d'une carte définitive au 20.000^e. Un inconvénient plus grave est l'inégale densité des points de canevas ; il n'y a guère plus d'un kilomètre, en moyenne, entre les signaux déterminés par M. Henri Vallot ; cet intervalle approche de cinq kilomètres sur l'atlas Siegfried ; il est parfois de huit kilomètres dans la région triangulée par le capitaine Mercier. Or le tracé de la ligne d'horizon sur une épreuve exige la présence d'au moins deux signaux sur le cliché ; il est bon, pour la vérification, qu'un troisième soit visible, ce qui répond, dans la pratique, à un écartement de deux à trois kilomètres entre les points de canevas. D'où résulte clairement, pour un opérateur se trouvant dans ce cas, la nécessité de recourir à une triangulation graphique complémentaire ; s'il ne dispose que de photographies, il devra établir un enchaînement en combinant les procédés de l'intersection et du recouplement.

On connaît la méthode photogrammétrique, dont les premières applications ont été réalisées par le colonel Laussedat. Ses principes ne sont autres que ceux de la perspective conique. Dans une chambre noire ordinaire, tenue horizontalement et munie d'un verre dépoli, l'image formée sur ce dernier est renversée et située en arrière de l'objectif mais on peut l'assimiler à l'image perspective formée sur un verre transparent placé en avant du point de vue. Comme l'épreuve positive, obtenue par contact avec un cliché, fournit une image identique à celle qu'on aperçoit sur le verre dépoli, on peut regarder cette épreuve comme donnant la perspective vraie

LES CRÊTES DU FER-À-CHEVAL



des objets photographiés (1). L'orientation de l'appareil peut être exactement déterminée si dans le paysage représenté apparaissent un certain nombre de signaux. La position de tout point de détail, identifié sur plusieurs vues, sera donc aisément obtenue en combinant sur la feuille de dessin les projections des rayons aboutissant à ce point. Il suffit, pour mener à bien cette construction, que les emplacements des stations photographiques soient préalablement connus et définis par leurs coordonnées ou par des opérations graphiques. Quant au nivellement, il s'obtient par le calcul d'une quatrième proportionnelle dont on connaît les trois autres termes : rayon vecteur, distance horizontale de la station au point dont on cherche l'altitude, enfin hauteur, mesurée métriquement sur l'épreuve, de l'image de ce point par rapport à la ligne d'horizon.

On s'imagine en général que la photogrammétrie exige l'emploi d'un appareil enregistrant automatiquement la ligne d'horizon, tel que le phototachéomètre Vallot. Certes il est commode de se servir d'instruments où une disposition ingénieuse permet de réduire la part des constructions graphiques et du calcul ; cela économise le temps. Mais d'une part un opérateur soigneux ne se contentera jamais d'un enregistrement automatique et n'épargnera point son temps ; d'autre part il n'est pas difficile de tracer soi-même la ligne d'horizon sur une épreuve fournie par un appareil ordinaire. Connaissant l'altitude de la station et celle des signaux qui ont servi à orienter l'épreuve, on a tous les éléments nécessaires pour déterminer, par un calcul inverse de celui de la différence de niveau, la valeur des ordonnées des images de ces signaux. Tout appareil monté sur un pied à calotte sphérique qui assure la verticalité de son axe de rotation et muni d'un objectif dont l'axe optique est perpendiculaire à cet axe de rotation et à la surface du cliché, possède les conditions requises. Dans son levé géodésique du massif d'Allevard, M. Paul Helbronner a utilisé, pour ses tours d'horizon photographiques, une jumelle stéréoscopique de Bellieni, dont la distance focale était limitée à 115 millimètres et dont le format ne dépassait point huit centimètres sur neuf (2). De même, le lieutenant du Verger a employé, pour sa carte des

1. Henri et Joseph Vallot : *Applications de la photographie aux levés topographiques en haute montagne*. Paris, 1907, in-8°, p. 133.

2. Henri-Vallot : *Manuel de Topographie Alpine*. Paris, 1904, in-8°, p. 37.

Aiguilles de l'Argentière, un appareil $6\frac{1}{2} \times 9$ (1). Je me suis servi autour de Sixt d'un Spido-Gaumont 9×12 , pourvu d'un objectif Zeiss-Krauss dont la distance focale est de 136 millimètres.

Les constructions graphiques nécessitées par la photogrammétrie s'exécutent sur une minute de canevas projetée sur un plan. On sait que la carte de France au 80.000^e se trouve projetée suivant le système de Bonne. C'est une fausse projection conique ; elle donne en France un maximum de déformation angulaire de 18' et un maximum de déformation linéaire de 1 : 380^e. Excellente pour la représentation d'un grand pays, cette méthode ne convient guère à la figuration d'une surface très restreinte. On pensait autrefois que la carte d'un vaste territoire devait pouvoir être développée, sans solution de continuité, sur un même plan ; il devenait par conséquent nécessaire d'adopter une projection modifiant sensiblement les distances, les surfaces ou les angles. Mais on juge aujourd'hui que le développement de toute une carte sur une surface plane n'est pas une chose indispensable. Si l'on ne veut représenter qu'une région peu étendue, mais à une grande échelle, il importe que la déformation soit aussi faible que possible. Le colonel Goulier recommande dans ce cas le système polycentrique, où le terrain est projeté sur un plan horizontal mené tangentiellement au sphéroïde terrestre par le milieu de chaque feuille de construction (2). Les méridiens sont alors des lignes droites et les parallèles des arcs de courbe qu'il n'y a aucun inconvénient à remplacer, dans la pratique, par des fragments de lignes droites limitées par leur rencontre avec chaque méridien. Aux échelles topographiques, il n'y a point d'écart appréciable entre les lignes polygonales ainsi obtenues et des arcs de courbe.

Après avoir reporté, sur une feuille de canevas à l'échelle du 50.000^e, les points trigonométriques utilisables de l'Etat-Major, de la carte du Mont-Blanc et de l'Atlas Siegfried (Finhaut 525, édition de 1906 et Saint-Maurice 483, édition de 1886), il me fallut procéder au classement de mes épreuves et de mes clichés. Ces derniers, au nombre d'environ quatre cents, ont été pris au cours de dix campagnes alpines sur les points culminants du massif calcaire du Faucigny. L'énumération des sommets où je n'ai pas encore été, dans cette région,

1. E. Gaillard et R. du Verger : Les Aiguilles de l'Argentière. *La Montagne*. 1911.

2. Colonel Goulier : *Etudes sur les levés topométriques*. Paris, 1892.

sera beaucoup plus courte que celle des endroits où j'ai mis le pied; je n'ai point gravi les aiguilles de Varens, le Colonné, le Tuet, la Pointe Rousse des Chambres, l'aiguille de Loriaz et les Perrons. La plupart des ascensions entreprises ont été exécutées sans guide professionnel et quelques-unes entièrement seul. Elles sont en général assez faciles. Si l'on excepte certaines roches secondaires de la Dent du Midi ou du Fer-à-Cheval, les montagnes qui environnent la haute vallée du Giffre présentent souvent un versant très accessible, limité de tous côtés par des murailles verticales et lisses. Leurs arêtes terminales sont exactement placées à l'intersection des deux alignements des Alpes; elles offrent sur la chaîne du Mont Blanc, sur le Valais, l'Oberland et le Dauphiné des vues circulaires qu'on ne retrouve pas ailleurs; leur situation est unique.

Pour établir l'enchaînement graphique dont il a été question plus haut, il fallait nécessairement partir de la région où les points de canevas absolument sûrs étaient les plus nombreux et les plus denses. Mettant donc de côté les épreuves où apparaissaient trois signaux bien disposés, je m'aperçus que la plupart avaient été prises dans le voisinage des Aiguilles Rouges, du Buet et des Fiz. Il n'y avait qu'à commencer par là le travail de restitution. C'est ainsi que furent déterminées, à la suite les unes des autres, les positions et les altitudes de sommets tous disposés dans le voisinage d'un même degré de longitude : Pointe d'Anterne (2732), Tête à l'Ane (2806), Chardonnière (2723), Frères de Moëde (2491), Grenier de Commune Nord (2772), Genévrier (2872), Finive (2844), Pic de Tenneverge (2990), Sans-Bet (2223), Bellegarde (2528), Tour de Prazon (2929), Mont Ruan (3065), Corne au Taureau (2625), Dent de Barmaz (2761), Tour Salière (3215) et Dôme (3077 et 3128). Les points déterminés avec l'aide des premières épreuves ont joué le rôle de signaux sur les épreuves suivantes et permis le tracé de la ligne d'horizon. J'étais alors en possession d'une véritable chaîne méridienne, s'étendant des Fiz jusqu'à la Dent du Midi et rendant les opérations de détail extrêmement faciles. Par comparaison avec les résultats de ma campagne de 1911, où j'ai opéré au 20.000^e avec une règle à échimètre, ces points photographiques primaires n'offrent pas d'écart supérieur à trois mètres.

Un réseau secondaire fut alors constitué en choisissant un peu partout les accidents naturels les plus importants et les mieux visibles. C'est ainsi que j'ai obtenu, par exemple : la

Cime de l'Est (3181), la Dent Jaune (3185), le Tuet (2031), la Pointe Rousse des Chambres (2661), les Grands Fats (2569), les Cornes du Chamois (2526 et 2560), le Collet d'Anterne (1810). La position de chacune de ces roches a été fixée par l'intersection d'une dizaine de directions et son altitude a été obtenue par la moyenne du même nombre de résultats. Après avoir étudié les dentelures moins caractéristiques des arêtes, me contentant en général de trois directions et de trois résultats, je me suis trouvé en possession d'une esquisse orographique du massif ; il devenait possible de fouiller le détail du Fer-à-Cheval et de figurer le terrain.

Les erreurs susceptibles d'altérer l'exactitude d'une restitution planimétrique sont multiples mais on peut les ramener à deux causes principales : l'imperfection avec laquelle ont été exécutées les opérations graphiques et les fautes d'identification sur les épreuves. Dans le premier cas il faut mettre en cause la main du topographe et dans l'autre sa vision ou sa connaissance des lieux. Repérer, sur des photographies prises de stations différentes, des accidents parfois bien minimes est souvent moins une question d'habileté professionnelle que d'accoutumance avec les divers aspects d'un pays. Je sais par exemple que le sommet de Tenneverge coïncide exactement avec l'affleurement de schistes noirs supportés par les calcaires gris du jurassique supérieur : sur cette épine dorsale aux formes indécises, la limite des deux formations vaut un signal qui serait indispensable à toute personne n'ayant pas étudié la géologie de la région et n'ayant pas gravi la montagne. Au contraire, la précision graphique d'un opérateur demeure la même sur tous les terrains ; tel homme dessine au dixième de millimètre près et tel autre au quart de millimètre. Il y a donc un avantage certain à employer les grandes échelles, qui réduisent les chances d'erreur ; un quart de millimètre équivaut à vingt-cinq mètres au 100.000^e et à cinq mètres seulement au 20.000^e.

En ce qui concerne mon levé au 50.000^e du Fer-à-Cheval, le diamètre des cercles inscrits dans les polygones d'erreur formés par les directions se coupant au voisinage d'un même point n'a presque jamais dépassé le demi-millimètre toutes les fois qu'il s'est agi d'objets bien définis, rochers aigus, jonction de torrents ou toits de chalets ; ce diamètre a quelquefois atteint le millimètre pour les points moins nettement caractérisés, croupes schisteuses non signalées, fronts de glaciers, cônes d'éboulis et limites de forêts. D'une manière générale, les lignes de crête, qui se profilent sur le ciel bleu, et les

grandes parois calcaires, qui abondent en accidents remarquables, sont venues d'une manière plus satisfaisante que les vallons aux contours mous, creusés dans les argiles et dans les marnes, où l'on est souvent embarrassé de trouver les éléments nécessaires au figuré du sol et au tracé des courbes. De toute ma carte, la partie qui mérite le moins de confiance est assurément la dépression herbeuse et pierreuse qui s'allonge au sud du col de Tenneverge; là, j'ai dû me contenter de directions se coupant sous des angles assez aigus; le fond de ce creux n'est pas visible sur les épreuves prises depuis les sommets qui le dominent immédiatement. C'est une région qu'il aurait fallu lever à la planchette et pour laquelle la photographie n'a été qu'un pis-aller.

Les erreurs de l'altimétrie proviennent généralement des erreurs de la planimétrie. Quand les positions sont bonnes, les discordances entre les altitudes partielles d'un même point sont extrêmement faibles et doivent être imputées aux sens de l'opérateur qui n'a pas su lire, avec une précision suffisante, sur son échelle divisée, la distance qui sépare l'image du point de la ligne d'horizon. Les erreurs atteignant un dixième de millimètre n'ont d'importance qu'aux grandes distances, c'est-à-dire à plus de six kilomètres, et aux faibles distances si l'angle de visée est considérable. Or avec un peu d'habitude on arrive, en photogrammétrie, à apprécier couramment le dixième de millimètre. Lorsqu'il s'agit des crêtes, les écarts entre mes cotes extrêmes oscillent autour d'une dizaine de mètres (Pic de Tenneverge, 2985 à 2995; Tour de Prazon, 2924 à 2932) et s'élèvent parfois jusqu'au double (Ruan, 3059 à 3076; Tour Salière, 3209 à 3224). Ces écarts augmentent, naturellement, avec le plongement des visées; ils sont en général de 20 à 30 mètres pour les points situés entre 1800 et 2300 mètres (Croix Moccand, 1814 à 1837); ils atteignent 40 mètres avec le fond de la vallée du Giffre, situé de mille à deux mille mètres plus bas que mes stations; de telle sorte que les cotes des vallées n'ont pas la valeur de celles qui concernent les cimes.

Lorsque les discordances entre les altitudes partielles d'un même point prennent une allure systématique, il est facile d'améliorer la position en utilisant le procédé de l'intersection verticale. Dans ce cas particulier, les fortes incidences, au lieu d'être redoutées, devraient être recherchées par les topographes, qui obtiendront ainsi un degré de précision irréalisable par des opérations exclusivement planimétriques. J'ai corrigé de cette manière l'emplacement d'un point secon-

daire de mon canevas, le Collet d'Anterne. Les cotes les plus hautes provenaient sans exception de sommets plus élevés répartis dans le secteur Nord et les plus basses étaient issues de stations dominantes situées au Midi ; les photographies prises à l'Est et à l'Ouest m'avaient fourni des chiffres se correspondant. Il fallait donc déplacer la position du point cherché vers le Midi, jusqu'à ce que l'écart entre les résultats partiels fût devenu admissible.

Une fois ces altitudes obtenues, j'en ai éprouvé quelques-unes : supposant mes signaux inconnus et prenant pour signaux mes points intersectés, j'ai calculé les points trigonométriques qui m'avaient servi. Les nouveaux résultats ont été à dix mètres près des premiers.

Les accidents rocheux peuvent, dans la pratique, être considérés comme invariables, mais il n'en est pas de même des glaciers, dont les oscillations ont une amplitude d'autant plus grande que leur front se termine plus bas. Les glaciers du Ruan et de Prazon ont été représentés avec des photographies prises en 1906 et en 1908 ; ceux du versant de Barberine ont été figurés avec des documents dont quelques-uns remontent à 1903. D'une manière générale, je n'ai pas dessiné les névés temporaires, souvent très nombreux au mois d'Août, plus petits ou même absents à la fin de Septembre. De même, je n'ai tenu aucun compte des touffes de mousse, parfois très serrées à l'origine des éboulis, mais n'arrivant pas à donner à l'ensemble une teinte verte.

Le figuré du terrain a été établi : à la lumière oblique pour les rochers abrupts et avec l'aide de courbes de niveau pour les versants doucement inclinés. Des hachures remplacent exceptionnellement les courbes dans certaines régions basses où des halos m'empêchaient de voir assez nettement les délimitations du relief et d'interpréter mes photographies avec la sûreté voulue. Le nombre de points cotés destiné à appuyer le dessin est en moyenne d'une quinzaine par kilomètre carré, mais il n'en a été inscrit que la moitié sur la carte, qui autrement eût été illisible et surchargée. Les courbes ont été tracées, à l'équidistance de trente mètres, par interpolation, en suivant les formes du terrain sur diverses épreuves observées simultanément ; cette faculté de voir les mêmes objets sous des angles variables, au même instant, est un avantage spécial à la photographie et permet une représentation du modelé très supérieure à celle qui résulterait d'une interpolation exclusivement géométrique. Aucune considération théorique ne m'a guidé dans le choix de l'équidistance ; je me suis uni-



Cl. R. Penet

Le Lac de la Vogaille et le Pic de Tenneberge

quement inspiré des obligations imposées par l'échelle du levé et par les pentes. Une courbe maîtresse plus appuyée a été spécialement étudiée de 300 mètres en 300 mètres.

L'estompe a été complètement bannie ; c'est, à mes yeux, une question jugée ; pour un œil exercé la courbe de niveau, dans toute sa sécheresse, offre une netteté, et par conséquent une vigueur, auxquelles l'ombre n'ajoute rien ; il y a antinomie entre le flou d'une couleur étalée et la précision d'un trait. Les deux impressions sont contradictoires. S'accordant avec moi sur ce point, plusieurs de mes collègues de la Commission de Topographie m'ont amicalement reproché l'emploi de la courbe verte pour le figuré des pâturages ; à leurs yeux, il est impossible de fixer avec certitude la limite des prés et des espaces stériles dans les régions granitiques où la texture de la roche est uniforme ; le sol s'émiette progressivement, sous l'action du gel, avec l'altitude et le gazon se fait de plus en plus rare sans cesser tout d'un coup. Je leur ai répondu que ma carte n'avait qu'une valeur locale ; ici l'herbe recouvre les banquettes argileuses et s'arrête brusquement au bord des gradins ou des éboulis calcaires. Le choix des couleurs m'a été suggéré par le désir de faire un tableau. Si l'on apercevait le Fer-à-Cheval du haut d'un ballon, on le verrait ainsi avec ses lignes caractéristiques et ses teintes.

On sait quelles controverses a suscitées la représentation des rochers abrupts. Par suite de leur verticalité, les parois ne sauraient être rendues avec l'aide de hachures et de courbes ; elles ont une importance topographique inversement proportionnelle à leur importance dans le paysage ; c'est pourquoi les officiers de l'Etat-Major français, avant tout géomètres, ont volontairement négligé le portrait des escarpements lorsqu'ils ont dessiné la carte au 80 000^e. On ne saurait leur en faire un grief, puisque ces escarpements, une fois projetés, se réduisent nécessairement à des bandes étroites ou même à de simples lignes. Mais le point de vue d'un géomètre n'est pas celui d'un géographe ; en pays de montagne, les grandes faces rocheuses, où les plissements se découvrent et où les érosions ont gravé leurs empreintes, forment des traits saisissants ; une carte topographique n'a de valeur géographique que dans la mesure où elle traduit les contractions de l'écorce qui ont dressé les montagnes et les phénomènes d'usure qui les ont sculptées. Un opérateur soucieux de physiographie est donc tenu d'apporter tous ses soins non seulement à la définition planimétrique du rocher mais encore à son expression artistique.

Tout massif rocheux, écrit M. Schrader, « est nécessairement un polyèdre, ou un ensemble de polyèdres engagés les uns dans les autres » ; il peut donc être représenté dès que l'on connaît les faces dont il est composé et les angles dièdres des arêtes formées par l'intersection de ces faces (1). Défini mathématiquement par un ensemble de lignes, le massif apparaît à l'état de squelette ; il faut alors passer à l'étude du détail : stratification, flexions des couches, brisures, clivage et ravinements. C'est alors qu'intervient principalement l'art du géographe. Il est impossible de figurer à une échelle réduite tous les accidents du sol ; malgré ses proportions, une carte ne peut être qu'un schéma ; son auteur doit choisir. Or suivant les caractères du paysage ce ne sont pas les mêmes éléments qu'il faut retenir ou négliger : on méconnaîtrait autrement la variété de la nature. Une roche cristalline, dépourvue de stratification apparente, ne doit pas être traitée comme un terrain sédimentaire partagé en lits visibles ; des calcaires compacts ne ressemblent pas aux schistes feuilletés. Ces idées ont été fortement exprimées par Ruskin dans ses *Modern Painters* (tome iv : *Of Mountain Beauty*). Etudiant au Fer-à-Cheval un massif calcaire caractérisé par une structure en gradins, je me suis attaché à figurer les vires de préférence aux couloirs. L'eau courante pénètre à travers les bancs horizontaux le long des diaclases et ressort de tous les côtés à la même hauteur au contact des argiles et des marnes imperméables.

Les mérites respectifs de la planchette et de la photogrammétrie ont été souvent mis en balance par leurs champions respectifs. Les uns affirment que la restitution des épreuves convient exclusivement à la représentation des formes qui ne peuvent être traduites par des courbes et ne saurait être généralisée. Les autres répliquent que le travail à la planchette est d'une lenteur désespérante et que pour aboutir, il faut renoncer à opérer avec conscience ; ces derniers objectent l'exemple de la plupart des cartes officielles, levées en grande partie à vue. Ayant pratiqué les deux méthodes, on me permettra d'exprimer un avis. La restitution photographique n'est qu'une application particulière de l'intersection. On peut donc s'en servir utilement toutes les fois qu'on aurait à user de l'intersection avec une planchette. Si je suis arrivé, au moyen d'un appareil ordinaire, à terminer le levé complet d'une région

1. F. Schrader : *Essai sur la représentation topographique du rocher*. Paris, 1911. in-8°, p. 6.

montagneuse, que ferait-on avec des instruments perfectionnés comme ceux de l'ingénieur Kammerer ! Les inconvénients de la photogrammétrie sont ceux du levé à distance, qui laisse cachés bien des détails, et de l'intersection, par laquelle des points voisins se trouvent déterminés indépendamment les uns des autres et demeurent sans harmonie et sans liaison ; il faut noter aussi la petitesse des épreuves sur lesquelles on doit prendre des mesures ; c'est pourquoi il convient d'employer la planchette avec une règle à éclimètre, voire même une alidade holométrique, dès que l'on veut atteindre un certain degré de précision. Il est bien rare qu'on puisse garantir à plus de cinq mètres près l'altitude d'un point photographique, tandis qu'avec les autres procédés on doit espérer une approximation de quelques décimètres seulement. Mais parmi les cartes existantes, combien offrent une telle sécurité ? Pour ma part, je n'en connais que deux : la carte des Aiguilles de l'Argentière par M. Régis du Verger et la première feuille de la carte du Mont-Blanc par MM. Henri et Joseph Vallot.

GÉOLOGIE ET PHYSIOGRAPHIE

Le vaste entonnoir où prend naissance le Giffre-Bas est formé par la confluence de deux bassins, dont l'un s'appelle le Fond de la Combe et dont l'autre est plus spécialement désigné sous le nom de Fer-à-Cheval. Ces deux cirques jumeaux offrent à l'œil d'un observateur un certain nombre de caractères communs : verticalité des gradins calcaires qui les entourent, présence d'innombrables cascades qui terminent des vallons suspendus, servent d'émissaires aux glaciers, ou jaillissent à la limite des couches imperméables et des assises fissurées. Mais on aura vite fait de noter, surtout à l'inspection d'une carte, un certain nombre de différences : la vallée du Fond de la Combe est remarquablement plate ; il n'y a aucun rapport entre le volume du vide existant et les dimensions restreintes des cônes d'éboullis tous localisés à l'issue de quelques ravins ; enfin les nombreux torrents qui dévalent le long des parois du cirque n'aboutissent point vers un lieu de réunion central, mais se jettent dans l'artère principale fort loin les uns des autres ; de telle sorte que le Fond de la Combe de Sixt, s'il présente bien nettement le contour circulaire d'un entonnoir dans ses parties moyennes et hautes, ressemble plutôt à une auge dans ses parties basses. Au contraire le Fer-à-Cheval est encombré par d'énormes déblais, les uns récents, les autres anciens et déjà recouverts par la végétation ; il n'est réellement plat que sur un espace d'à peine quelques hectares, colmaté par les alluvions, au lieu dit *Plan du Lac*, près de Frenalay ; partout ailleurs, les cours d'eau se précipitent entre des talus formés par des matériaux meubles ; ils convergent presque tous vers le milieu de l'amphithéâtre et se joignent au Giffre à peu de distance les uns des autres. A force de miner les éboullis, ils se captent de temps en temps et les modifications qui interviennent dans leur tracé accentuent la convergence du réseau.



Cl. R. Perret

Le Fond de la Combe de Sixt

L'ensemble de ces particularités tendrait à prouver que le modelé glaciaire, encore assez bien marqué au Fond de la Combe, s'efface rapidement au Fer-à-Cheval. La vallée supérieure du Giffre-Bas montre la juxtaposition de formes qu'on ne peut interpréter absolument de la même manière ; c'est une région où il ne faut rien généraliser sous peine d'erreur grave. Comme l'a justement exprimé M. de Martonne, les désaccords qui ont séparé les géographes au sujet des cirques viennent peut-être de ce que chaque auteur a voulu expliquer de même des cas analogues mais non pas identiques (1). Il ne convient pas d'ériger prématurément en loi générale des remarques n'ayant qu'une valeur locale. La théorie d'Amund Helland est née au Groënland. Aussi je ne chercherai pas, à propos du Fond de la Combe ou du Fer-à-Cheval, à élaborer une formule définissant le cirque en soi, pas même le cirque alpin, mais deux cirques très particuliers, et je tâcherai d'analyser séparément les phénomènes dont la résultante a produit ce que nous voyons.

Qui pénètre une première fois dans l'enceinte de l'une ou l'autre de ces fosses est immédiatement frappé par l'horizontalité générale des couches, par leur disposition en murailles étagées et par l'immensité de ces murailles. Entre le pont de l'Eau Rouge, sous lequel passe le Giffre, et le sommet du Pic de Tenneverge, la différence de niveau atteint 2107 mètres ; elle est encore de 1914 mètres entre le Bout du Monde et la crête neigeuse du Mont Ruan. C'est plus que le Cervin au-dessus du Hörnli, plus que l'Eiger au-dessus de la Wengern Alp, plus que la Cime de l'Est au-dessus des chalets de l'Haut. Le cirque de Gavarnie lui-même n'arrive pas à ces proportions. Il y a là un entassement prodigieux de matériaux, une accumulation de sédiments qui étonna les anciens géologues. Ils attribuèrent aux formations une épaisseur démesurée. Maillard assignait au Dogger une puissance d'environ mille mètres et Alphonse Favre lui-même, bien qu'ayant observé en d'autres endroits l'importance des recouvrements, s'imaginait que les bastions dressés le long du col de Tenneverge appartenaient exclusivement au Jurassique supérieur. C'est la synthèse hardie d'un Etienne Ritter qui signala dans une région envisagée comme homogène et simple des complications jusque là mal soupçonnées et c'est

1. Emmanuel de Martonne : *Sur la formation des cirques*. Annales de Géographie. 1901. p. 11 : « J'ai constaté en outre, que la principale cause des dissentiments était qu'on était loin de s'entendre sur ce qu'il convient proprement d'entendre par le mot *cirque* ».

l'examen minutieux d'un Léon-W. Collet, portant sur les caractères lithologiques et paléontologiques des formations, qui apporta des faits certains et débrouilla la tectonique.

La verticalité des parois et l'extrême rareté des fossiles dans certains lits rendent particulièrement délicate l'étude stratigraphique des Alpes calcaires du Faucigny. Reposant en discordance sur les schistes cristallins, le Trias se trouve au pied de l'échelle sédimentaire entre les cols de Salenton et d'Emaney; il comprend au Fer-à-Cheval des quartzites compacts de couleur blanche, rose ou verdâtre qui supportent des schistes et, près de la Finive, des cargneules jaunes alternant avec des calcaires dolomitiques. M. Collet a signalé du côté de Salanfe quelques entonnoirs qui témoignent de la présence du gypse en profondeur (1). Il y a lieu de diviser le Lias en deux termes représentés par une brèche à éléments calcaires empruntés au Trias et par des schistes noirs à cardinies. Les calcaires gris à *Trochus Sauvagei* du Bajocien et du Bathonien, affleurant par bancs de vingt à trente centimètres, séparent le Lias de l'Oxfordien, qui apparaît sous la forme de schistes argileux, très fossilifères, jouant le rôle de niveau d'eau et ayant une importance considérable dans l'orographie. Il n'y a, au contraire, presque pas de fossiles dans le Malm, exclusivement calcaire, partagé en lits qui ne correspondent à aucune modification pétrographique, mais à un arrêt dans la sédimentation. Sur une étendue de trois cents kilomètres carrés, cet étage n'a fourni jusqu'à présent que trois ou quatre ammonites déterminables. J'ai eu la chance de récolter la plus intéressante d'entre elles, au pied de la Tour de Prazon, sur le versant de Sixt; M. Douvillé, professeur à l'Ecole des Mines, y voit un *Perisphinctes* du groupe du *Mosensis*, probablement caractéristique du Rauracien.

Pincé dans les synclinaux du terrain jurassique, le crétacé n'affleure que par bandes étroites sur la rive gauche du Giffre-Bas. Il forme au contraire des massifs importants sur la rive droite où les anticlinaux du Malm s'enfoncent comme des coins. Le système débute par des marnes valanginiennes qui jouent dans la topographie le même rôle que les schistes oxfordiens; elles supportent en concordance deux étages de calcaires, les uns foncés alternant avec des feuillets marneux d'âge hauterivien; les autres clairs, massifs, à cassure saccharoïde, appartenant au Barrémien. Les grès verts très fossilifères

1. Léon W. Collet: *Les Hautes Alpes Calcaires entre Arve et Rhône*. Genève, 1910. in-4°. p. 427.

et glauconieux du Gault ou Albien leur succèdent et forment une vire à la base du Sénonien, qui couronne l'arête des Avoudrués.

Suivant leurs propriétés physiques, ces diverses roches ne résistent pas également à l'érosion et n'ont pas la même valeur morphologique. La dissolution du gypse inclus dans le Trias a créé des vides sous les assises du Dogger et du Lias qui se sont abattues par tranches verticales le long des diaclases. Homogènes et fissurés, les calcaires du Malm et du Barrémien constituent partout d'énormes falaises qui surplombent les argiles et les marnes imperméables du Valanginien et de l'Oxfordien. L'eau de fonte s'écoule le long des fentes perpendiculaires à la stratification, passe à travers les roches compactes, délaye plus bas les argiles et provoque des éboulements, beaucoup moins amples sans doute que ceux du Dogger au-dessus du gypse, parce que la couche sous-jacente n'est pas soluble, mais cependant caractéristiques des terrains fissurés. C'est le ruissellement superficiel, et non l'infiltration, qui a sillonné de ravines parallèles les schistes imperméables du vallon de Tenneverge. L'abondance des eaux et la fréquence des thalwegs suffit à distinguer cette région du plateau sec qui se développe à la surface de Sans-Bet. Enfin ce serait une erreur grossière de croire que tous les schistes présentent les mêmes caractères : les feuilletés très durs du Lias supérieur affleurent au Pas Né sur des pentes raides qui contrastent singulièrement avec les profils mous des paliers oxfordiens.

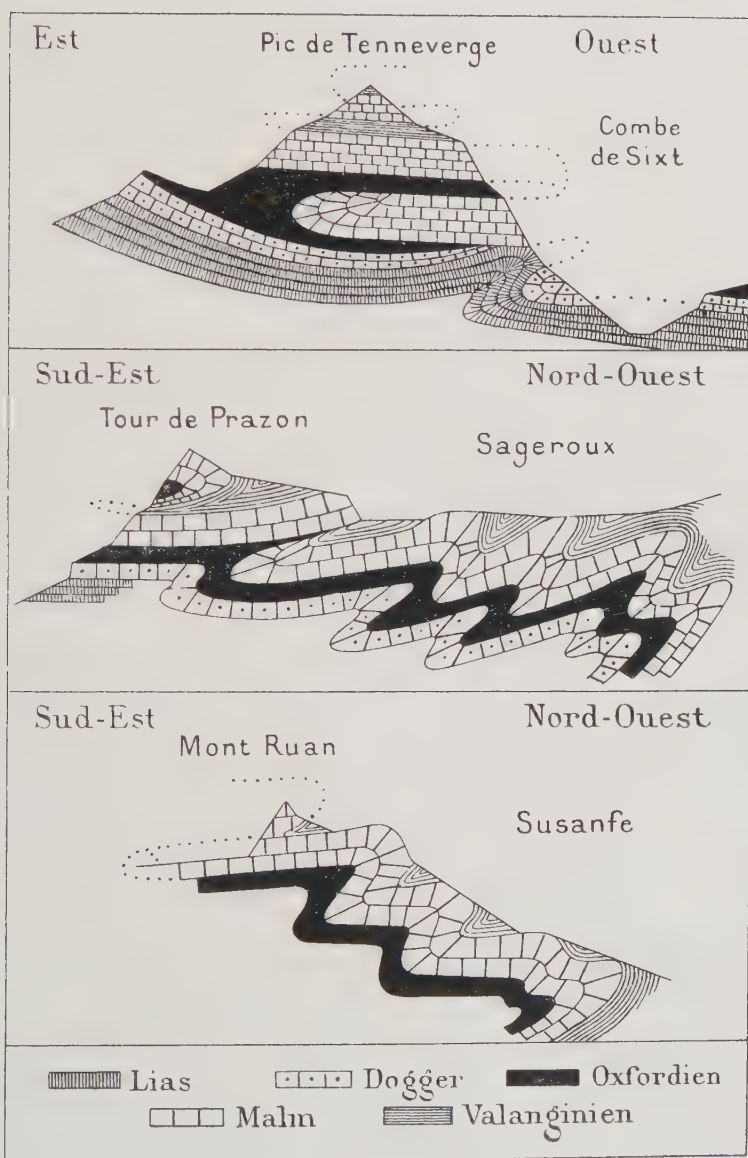
Lorsqu'on escalade le Pic de Tenneverge depuis le col du même nom, on rencontre successivement deux abrupts formés par les calcaires du Malm, séparés par un lit de marnes infra-crétacées et coiffés par un chapeau de la même époque. Si du même endroit on veut descendre au Fer-à-Cheval, on s'apercevra que les schistes oxfordiens enveloppent une nouvelle zone de Malm qui a raboté par places les assises inférieures et qui repose quelquefois directement sur le Lias. Plus bas encore, le Dogger forme un synclinal dans les schistes de telle manière qu'une traversée complète de la montagne permet de voir chaque étage se répéter à des hauteurs différentes un certain nombre de fois. De même, l'ascension du Mont Ruan depuis le Sageroux montrera quatre fois le Valanginien et trois fois des escarpements jurassiques. Il en est ainsi dans le Crétacé sur la rive droite du Giffre, où Favre reconnut aux Avoudrués la superposition de plusieurs niveaux de Gault. Ces couches généralement horizontales n'offrent donc que l'apparence de la simplicité. Elles ne doivent leur allure qu'au

refoulement de plis originairement droits, qui se sont étirés puis renversés, ont chevauché les uns sur les autres et ont subi dans certains cas un laminage qui les a réduits à l'état de simples écailles et produit les plus extraordinaires contacts. D'après M. Collet, la grande vire qui interrompt la paroi occidentale de la pointe des Rousses et qui s'allonge à mi-hauteur entre les gazons et le glacier de Prazon, met de niveau le Valanginien et l'Oxfordien, le flanc inverse du Malm ayant disparu. Les charnières ont été écrasées ou bien décapitées par l'érosion et c'est l'analyse paléontologique seule qui a permis de reconstituer les surfaces structurales.

Après avoir achevé l'étude géologique du bassin de Salanfe, M. Hans Schardt s'aperçut que les plissements des montagnes environnantes ne s'ajustaient pas exactement : « Bien que les Tours Salières, au sud du col de Salanfe, soient entièrement formées de terrains jurassiques, formant dans leur ensemble une grande voûte culbutée, il n'y a pas possibilité d'établir un parallélisme direct entre les lacets du jurassique des Tours Salières (1). » Il faut donc conclure que le Néocomien s'est détaché de son noyau jurassique et plissé librement. Cette discordance existe partout ailleurs dans la même région. Le soubassement du Désert de Platé, mis à nu le long de la vallée de l'Arve, expose deux plis couchés dans le Malm à la cascade d'Arpenaz et quatre ondulations dans le Crétacé entre Flaine et Cluses. Ces plis meurent progressivement dans le Flysch tandis qu'ils apparaissent de plus en plus accusés en profondeur, comme si le poids des sédiments avait influé sur l'amplitude du mouvement.

Il y a donc lieu d'établir une différence entre l'architecture des montagnes alignées sur la rive gauche du Giffre-Bas et l'ordonnance de celles qui s'élèvent sur la rive droite. Sur la rive droite, on observe un faisceau de plis crétacés dont les strates plongent uniformément dans la même direction mais qui cependant ne sont pas renversés jusqu'à l'horizontale. Il en résulte une grande variété d'aspects : vallées isoclinales et parfois synclinales, crêtes anticlinales et même, au Tuet, voûte périclinale ; les calcaires gris du Barrémien sont découpés par des falaises grandioses ou bien affleurent au sommet de croupes sillonnées par un réseau de lapiaz. Au contraire le massif oriental représente l'empilement de trois

1. Hans Schardt : *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles*. Troisième série, XXVII. Procès-verbaux, 17 décembre 1890, p. VII.



D'après Léon W. Collet

COUPES GÉOLOGIQUES DES CRÊTES DU FER-À-CHEVAL

anticlinaux qui se recouvrent absolument ; le premier se trouve réduit à une écaille de Malm et de Valanginien qui couronne le sommet de Tenneverge ; cette écaille forme le prolongement de la boucle supérieure d'Arpenaz et disparaît au Nord, enlevée par l'érosion. Le second anticlinal couché correspond au pli inférieur d'Arpenaz et des Faucilles du Chantet ; par suite de la rupture du jambage étiré, le flanc normal consiste en une série d'Oxfordien, de Malm et de Néocomien ; il se raccorde un peu plus loin au troisième pli par un synclinal aigu ; la charnière anticlinale apparaît au sommet de la Tour de Prazon dans le Malm. Enfin, grâce au relèvement général des axes, un nouvel élément tectonique se montre au Pas Né ; il commence par un anticlinal de Lias, bientôt recouvert par les formations du Jurassique moyen et supérieur, et se ramifie en digitations qui se succèdent sur les pentes du Mont-Ruan. C'est en gravissant la pointe Sans-Bet, montagne située à l'avant-garde des chaînes occidentales sur la rive droite du Giffre-Bas, qu'on peut le mieux étudier les rapports des ondulations crétacées avec les plis renversés de Tenneverge ; on y voit en effet le Malm pénétrer dans les marnes valanginiennes qui l'enveloppent comme un noyau.

Le massif jurassique du Fer-à-Cheval se présente donc exactement dans les mêmes conditions qu'une région très faiblement plissée, puisque les couches y gisent sensiblement à plat. Partout où sont découvertes des tables calcaires, on peut noter les mêmes caractères essentiels : absence de torrents, présence de vallons secs et de gouffres. Les glaciers du Ruan et de Prazon reposent en général sur des marnes imperméables, mais certaines de leurs branches ont creusé plus profondément leur lit et mis à nu le Malm sous-jacent ; alors l'eau s'écoule par les diaclases et il n'y a plus de circulation sous la glace. C'est pourquoi il n'y a pas de rapport entre la rapidité ou l'intensité de la fonte et le volume des cascades issues du front ; les chutes qui ruissellent le long des parois sont de simples filets, ayant à peine entamé le socle argileux de ces parois par affouillement, et ne ressemblant guère aux sources puissantes qui jaillissent au contact du Lias ou de l'Oxfordien.

On trouve des lapiaz dans le Malm à la surface d'une voûte anticlinale qui se développe au Sud-Ouest de la Tour de Susaife, près du glacier du Ruan, et sur l'énorme carapace qui fait suite au gazon de Sans-Bet. Ces vastes plateaux sont ciselés par des rigoles orientées dans le sens de la pente et fendus par des crevasses dont les axes sont entrecroisés comme

les lignes d'une figure géométrique. Il est donc impossible de leur assigner la même origine. Les crevasses sont disposées comme les fêlures d'une plaque de verre brisée par torsion et compression ; il faut y voir un agrandissement des dislocations tectoniques par l'érosion chimique (1). Quant aux ciselures, elles semblent dues à l'effet des eaux météoriques ; tandis que 50.000 parties d'eau pure sont nécessaires pour dissoudre une partie de carbonate de chaux, il suffit de 1.000 parties d'eau chargée d'acide carbonique pour arriver au même résultat (2). On peut ajouter dans certains cas l'action des acides organiques. Les champs de lapiaz des Alpes calcaires s'étendent pour la plupart à la limite supérieure des pâturages qui les envahissent et dont les plantes exercent une action corrosive sur la roche (3). Enfin la neige fondante ronge également le calcaire en tous lieux et produit des cannelures qui divergent sans révéler aucune direction systématique.

L'eau de fonte ou de pluie qui descend par le moyen des fissures réapparaît au pied des escarpements ; il lui arrive de se perdre une seconde fois, si une nouvelle couche perméable est atteinte, et de ressortir encore plus bas. Il y a ainsi, tout autour du bassin de réception du Giffre-Bas, la superposition de plusieurs niveaux d'eau. Sur la rive droite, l'émissaire du lac de la Vogealle s'engouffre dans un puits après un parcours de quelques centaines de mètres à peine et ne revient au jour qu'avec l'Oxfordien. Sur la rive gauche, dans l'enceinte même du Fer-à-Cheval, les plus grosses cascades sont celles qui terminent le cours des torrents nés sur les schistes du vallon de Tenneverge, ou bien celles qui commencent à mi-hauteur des parois, à l'endroit précis où l'abrupt des calcaires bajociens repose sur le Lias schisteux, taillé de même en à-pic mais imperméable. C'est ainsi que la Méridienne est projetée hors du rocher comme le jet d'un robinet vissé au milieu d'un mur. Elle sort d'une caverne qui forme une limite géologique.

Ces cascades possèdent une force érosive très variable suivant l'heure, le jour et la saison. Elles roulent plus d'eau au printemps et à l'automne lorsque fondent les dernières ou les premières neiges et leur eau entraîne plus de pierres le matin

1. L. Duparc et A. Le Royer : *Archives des Sciences Physiques et Naturelles de Genève*. 1889 et 1891.

2. Emile Chaix : *La topographie du Désert de Platé*. Globe. xxxiv. 1895.

3. Léon W. Collet : *Les Hautes Alpes Calcaires entre Arve et Rhône*. Genève. 1910, in-4°, p. 577.

que l'après-midi. Les parois dont elles minent le soubassement se décollent par tranches verticales ; on aperçoit en plusieurs endroits de véritables cubes de pierre presque entièrement isolés par les diaclases et dressés, pareils à des colonnes, contre les falaises dont ils ont fait partie ; j'ai essayé d'en représenter quelques-uns sur ma carte, notamment au point coté 1774, au nord du sommet de la Lyre. Les débris entraînés par l'eau courante lui servent de projectiles ; ils ont été détachés par le gel dans les hauteurs et ils s'amoncellent en talus à la base des escarpements ; quand un orage survient, il lave les surfaces rocheuses, les nettoie, balaie tous les éclats qui sont précipités. J'ai failli être assommé de la sorte dans le couloir du Pas Né. Les blocs tombaient avec une telle violence, que leurs menus fragments s'envolaient en poussière et venaient me piquer au visage à l'écart du ravin.

D'une manière générale, les chutes d'eau sont beaucoup moins nombreuses et surtout moins abondantes au Fond de la Combe qu'au Fer-à-Cheval ; cela tient à la pente des lits, qui s'abaissent vers l'inflexion orthogonale allongée de Servoz à Samoëns. Quand les eaux d'infiltration rencontrent une couche imperméable, elles cessent de descendre verticalement et s'écoulent à la surface de cette couche. Or les schistes, les argiles et les marnes du Valanginien, de l'Oxfordien et du Lias, étalés horizontalement d'Ouest en Est, sont légèrement inclinés vers le Midi. Tout le drainage de la région, en amont de Sixt, est commandé par cette disposition (1). Les sources abondent au pied des falaises exposées au Sud et font défaut du côté du Nord. Pour s'en convaincre, il n'y a qu'à comparer les escarpements opposés de Sans-Bet et de Bellegarde dans le vallon de Salvadon. Le réseau hydrographique souterrain, alimenté par le glacier de Prazon, tend à s'écouler vers le Fer-à-Cheval et c'est l'une des raisons pour lesquelles les éboulements, très rares à l'Ouest au Fond de la Combe, se produisent fréquemment plus au Sud au bord de l'autre cirque. Un pan entier de Tenneverge s'est abattu et a ravagé les bois qui entourent Frenalay, il y a peu d'années ; on remarquera qu'il n'y a pas de grands arbres dans ces parages et l'on distinguera, dans les précipices de la Croix-Moccand, au-dessous du rocher coté 1809, une tache claire qui marque l'endroit de l'accident. On dirait que la roche n'a pas encore eu le temps de brunir par

1. On sait qu'il n'en est plus ainsi en aval de Samoëns où le Giffre abandonne l'inflexion transverse et prend les caractères d'une rivière « héritée ».

l'oxydation des sels ferreux. Ce n'est pas à moins d'un million de mètres cubes que M. Paul Perret a cru pouvoir évaluer la capacité du vide produit par l'avalanche (1). L'existence d'un grand nombre de cavités souterraines est révélée par l'ouverture à l'air libre d'avens et de barmes qui se succèdent au milieu des vallons. L'eau dissout peu à peu les murs qui l'emprisonnent, élargit les fissures du calcaire et prépare des gouffres où s'abîment les voûtes. Lorsqu'un tassement survient, on perçoit au loin dans les villages une détonation qui ressemble à un coup de mine; les assiettes tremblent sur les étagères dans les maisons et quelquefois l'oscillation devient sensible aux hommes. Ces bruits, analogues aux *retumbos* des Hispano-Américains, tendraient à prouver que les effondrements sont parfois occasionnés par des influences tectoniques, ainsi que l'a insinué Montessus de Ballore.

On s'expliquera encore mieux les différences qui existent entre le modelé du Fer-à-Cheval et celui du Fond de la Combe si l'on réfléchit que le Trias n'affleure qu'entre Frenalay et les Pellys. L'immense échafaudage des plis couchés est supporté en ce point par une assise qui renferme occasionnellement des lentilles de gypse. Aussi est-ce là qu'arriva la catastrophe de 1602. Il convient de narrer cet évènement historique certifié par des témoignages contemporains et rappelé au souvenir des passants par l'oratoire dressé au *Plan des Lacs*.

Au commencement du dix-septième siècle, le hameau d'Entre-Deux-Nants s'élevait entre le Nant des Joathons, issu de la cascade de la Lyre, et le Nant des Pères, qui vient de la Cheneau Noire au-dessous du Cheval-Blanc. Le Giffre s'écoulait alors un peu plus à l'Est et enfermait dans sa boucle une foule de chalets rustiques épars au milieu des prés. Ces habitations furent ensevelies sous les matériaux accumulés par l'effondrement de la Tête Noire : ils couvrirent toute la plaine et rejetèrent le Giffre à la place qu'il occupe aujourd'hui. Les registres paroissiaux du village de Sixt portent qu'un service funèbre fut célébré, le 28 février 1602, pour les victimes broyées sept jours auparavant dans leurs demeures : « *Ultima februaryi, R. D. Jacobus de Mouxiaco abbas et dominus de Syz jecit sepelire aut verius incipere anniversarium et junebres obsequias Johannis de Namburriaco et Johannæ ejus uxoris alias Rolet, qui obierunt cum aliis quamplurimis (die) 21^a hujus*

1. Paul Perret : *Autour de Sixt et de Chamonix*. Annuaire du Club Alpin Français, 1882, p. 477.

mensis februaryi in accidentali eventu rupis vulgariter nuncupatæ teste noire, et in eo simul submersi sunt pagi vocati entredeux-nants, le trenalley, les pelley, et omnes habitationes cum... edificiis et terris de Gefernan et aliis quamplurimis preventibus, edificiis, pecoribus, pratis, terris ac bonis mobilibus et immobilibus. Deus avertat iram suam a nobis et convertat in melius in futurum (1). »

La tradition affirme que deux cents personnes succombèrent et que soixante-quinze maisons furent détruites. D'après un état de lieux rédigé par le syndic Moccand, et trouvé en 1818 par le notaire Pierre-Joseph Tournier, cinquante-sept chalets seulement auraient été complètement ruinés; on n'est pleinement d'accord que sur le nombre des têtes de bétail perdues (2). Ces documents attribuent le sinistre au travail des eaux souterraines, disent que le cône d'éboulis s'étendit sur un espace d'« une demi-lieue en tirant en bas sur un quart de lieue en largeur », et signalent l'effet du coup de vent qui suivit la chute; le déplacement de l'air rase le hameau de Giffrenant, situé au-dessus du niveau de la vallée sur la rive opposée. Le Giffre-Bas fut barré par des matériaux qui formèrent digue; un lac naquit en amont; lorsque vint la débâcle, une inondation submergea les villages jusqu'aux Tines et les habitants de Sixt perdirent les deux tiers de leurs terres par suite de l'ensablement.

Ces faits suffisent à montrer le rôle prépondérant joué aujourd'hui par les eaux d'infiltration. Dans quelle mesure a-t-il pu en être de même autrefois? Sans doute, l'érosion souterraine est devenue plus active depuis que le lit du Giffre s'est approfondi; la pesanteur entraîne chaque jour avec plus de violence l'eau de fonte ou de pluie vers son niveau de base. Mais les conditions nécessaires se sont trouvées remplies dès que l'érosion subaérienne eut tracé un sillon dans le massif perméable. A partir de ce moment, l'eau a profité des fissures qui entament verticalement les calcaires horizontaux. Il est très remarquable, à ce point de vue, que les cirques de la région soient tous localisés dans le jurassique, là où précisément les plis gisent empilés, et qu'il n'y en ait pas un seul dans le crétacé, où les plis sont accolés. On sait qu'une école, représentée par

1. Extrait des registres paroissiaux de Sixt et cité par J. F. Gonthier : *Un éboulement à Sixt en 1602*. Revue Savoisienne, 1899.

2. François-Marie Brun : *L'écroulement de la Tête Noire*. Revue Savoisienne, 1899.

Amund Helland, Penck et Brückner, attribue l'origine des cirques à l'action exclusive de la glace mais cette théorie, comme l'a fait remarquer M. de Martonne, se heurte à une difficulté : le cirque, effet maximum, se serait produit en un lieu où l'érosion d'un glacier est minima (1). Pour expliquer le mécanisme du creusement, on admet en général aujourd'hui que les glaciers ont simplement élargi les murailles et remanié le fond d'un bassin primitivement sculpté à l'air libre par un torrent. Cette hypothèse suffit pour les *niches* situées dans les régions imperméables. Mais on s'expliquera mieux l'énorme volume des entonnoirs établis dans les pays calcaires en admettant que le creusement antéglaciaire a été puissamment aidé par les forces souterraines. L'élément dominateur du façonnement des vallées, a écrit M. Martel, « c'est le substratum, le terrain, en un mot la lithologie (2). » Le cirque du Fer-à-Cheval représenterait ainsi, non à proprement parler une doline, car il n'en a point les caractères typiques, mais un ensemble de dolines dont les multiples cavités auraient été peu à peu réunies en un seul entonnoir et auraient été remodelées par la glace. En effet, l'érosion souterraine, pas plus que l'érosion subaérienne d'un torrent, ne suffisent à tout expliquer. On ne peut manquer d'être frappé par l'absence presque complète d'éboulis qui caractérise le Fond de la Combe et par la forme de son profil en travers qui rappelle la section d'une auge. On est donc forcé de chercher un agent de déblaiement.

L'existence d'une glaciation quaternaire est prouvée avec surabondance par les moraines abandonnées sur les versants. Alphonse Favre en a signalé plusieurs dans la vallée du Giffre (3). Il vit d'abord à la Rivière Enverse une énorme épaisseur de boues mêlées à des cailloux striés. Des traînées analogues peuvent être observées, sur la rive gauche, près de Vercland, et sur la rive droite, à la chapelle du Mont par 972 mètres d'altitude et sur la montagne des Souets à 842 mètres au-dessus du niveau de la mer. Il s'agit là de moraines profondes dont tous les éléments sont polis ; les moraines superficielles se succèdent à une plus grande hauteur, dans le

1. Emmanuel de Martonne : *Sur la formation des cirques*. Annales de Géographie. 1901. p. 13.

2. E.-A. Martel : *Creusement des vallées et érosion glaciaire*. Association française pour l'avancement des sciences. Lyon. 1906. p. 1251.

3. Alphonse Favre : *Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc*. Genève. 1867. trois volumes in-8°, tome 1, p. 141.



Cl. R. Perret

Le Fer à Cheval, vue prise de Giffrenant

vallon des Saix ; elles renferment des blocs jurassiques qui reposent sur le Flysch. Les matériaux erratiques ne doivent pas être confondus avec les lambeaux exotiques qu'on aperçoit dans la même région. M. Douxami rappelle que les anciens glaciers ne sont pas responsables de tous les faits de dispersion (1). Les fragments isolés de Lias et de Trias qui gisent un peu partout dans le massif des Grands-Vans appartiennent en réalité à une nappe de charriage préalpine. L'analyse pétrographique a permis de les identifier avec les formations du Chablais examinées par M. Lugeon. Les moraines de la vallée du Giffre offrent des caractères de plus en plus nets à mesure qu'on avance vers l'amont, comme si elles représentaient les divers stades d'une même période de retrait. J'en ai découvert une l'an dernier, au-dessus de la Croix d'Esperit, admirablement conservée, avec ses deux versants et sa crête encore dessinée. On aurait juré qu'elle venait d'être abandonnée sur la pente.

Les traces laissées ailleurs par le courant glaciaire que révèlent ces déblais sont beaucoup plus hypothétiques. Le profil en long de la vallée est discontinu ; celle-ci, un peu en aval de Sixt, se trouve fermée par la barre urgonnienne des Tines comme une porte par un verrou. Cette protubérance est entaillée par deux gorges parallèles, dont l'une a été approfondie par le torrent actuel et dont l'autre, découpée par des marmites, représente un ancien lit. M. Léon-W. Collet attribue cette disposition à un phénomène de surimposition morainique (2). Après le départ des glaces, le Giffre, en creusant son chemin à travers les cailloutis, n'aurait pas retrouvé la fissure qui lui avait servi avant leur extension. Rencontrant sous les alluvions la roche en place, il l'aurait attaquée pour se frayer un nouveau passage. Il s'agirait de phénomènes analogues à ceux qu'on observe dans la vallée de l'Aar, en amont de Meiringen (3). Quoiqu'il en soit des théories, un fait des plus intéressants est la superposition, au-dessus du gradin actuel, de trois épaulements ; faut-il y voir les éléments d'anciens verrous ?

Entre Sixt et le Fer-à-Cheval, les versants qui se dressent

1. Douxami : *Les phénomènes glaciaires et post-glaciaires du massif de Platé*. Brochure in-8°, Lyon, 1902.

2. Léon-W. Collet : *Les Hautes Alpes Calcaires entre Arve et Rhône*. Genève. 1910. in-4°. p. 568.

3. Maurice Lugeon : *Sur la fréquence dans les Alpes de gorges épigénétiques*. Bulletin des laboratoires de l'Université de Lausanne. 1901.

de part et d'autre du fond plat de la vallée montrent la succession de talus raides garnis de forêts et d'épaulements où s'étendent les pâturages et où se pressent des chalets. Ces ruptures de pente coïncident en général avec des changements dans la nature du sol mais non pas toujours ; lorsqu'on s'élève depuis le hameau des Curtets jusqu'à Salvadon on ne quitte pas les marnes valanginiennes et de l'autre côté du Giffre, le replat où sont alignés les chalets de Commune, de même que l'escarpement situé plus bas, sont façonnés dans les calcaires du Malm ; sans doute, il serait inexact de prétendre qu'en cet endroit les deux flancs de l'auge sont symétriques, car l'inclinaison est beaucoup plus abrupte à l'Est qu'à l'Ouest, plus sensible dans le calcaire que dans les marnes ; cependant le surcreusement est manifeste. Mais que de théories ont été émises pour expliquer ce surcreusement ! Si la plupart des auteurs sont d'accord pour le rattacher à la présence de la glace, dont l'action est cependant interprétée tout différemment par les uns et par les autres, certains, à l'exemple du professeur W. Kilian et surtout de M. Martel, envisagent les auges emboîtées des vallées alpestres comme de simples « crans de descente » sciés par les torrents et se trouvant en rapport avec les oscillations de la mer.

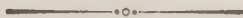
Cette disposition en escalier, que, sans vouloir généraliser, j'attribue dans le cas particulier du Fer-à-Cheval à l'érosion souterraine, auxiliaire d'une érosion torrentielle poursuivie dans l'intervalle des périodes glaciaires, est bien sensible au vallon de Tenneverge, couloir suspendu à 800 mètres environ au-dessus du Giffre ; il offre l'apparence d'un cirque dont la muraille d'amont a disparu par régression. Les petits cirques blottis à mi-hauteur, comme ceux de la Vogealle ou de Salvadon, ont gardé l'empreinte d'une remarquable combinaison d'effets ; les glaciers quaternaires paraissent avoir unifié les dépressions créées dans les plateaux calcaires par effondrement et leur œuvre tend à s'effacer maintenant par l'ouverture, à la surface de leurs anciens lits, de nouveaux entonnoirs. Il y a là un véritable cycle propre aux régions de haute montagne à structure tabulaire. M. Schrader est arrivé à des conclusions analogues dans le massif du Mont Perdu ; il distingue « la double érosion du glacier à la surface et de l'eau courante dans les profondeurs (1). » Ces deux modes se sont

1. F. Schrader : *Procès-Verbaux de la Commission de Topographie du Club Alpin Français*. Observations présentées à la séance du 9 juin 1910.

parfois exercés simultanément et dans ce cas les contre-pentes ne résultent pas uniquement de l'affouillement du sol par la glace, car il y a une limite à sa plasticité, mais semblent dues principalement aux torrents sous-glaciaires, qui se sont perdus dans les fentes du calcaire, sont devenus des cours d'eau souterrains et ont provoqué des éboulements. Les verrous successifs qui divisent en compartiments le vallon de la Vogealle n'ont pu avoir une cause différente.

Ainsi se trouve vérifiée cette remarque du général Berthaut, d'après laquelle les cirques les plus réguliers et les plus grandioses se rencontrent le plus souvent dans les roches qui se débitent par des diaclases, des joints, des surfaces de retrait ordinairement normales au plan de stratification. « Il semble donc que la nature des versants et bassins de réception ne soit pas étrangère à la réalisation plus ou moins régulière de ce genre d'accident (1). » Gavarnie, Trumouse, le Creux de Champ et le Fer-à-Cheval ont une parenté qui imprime à certains coins des Alpes un caractère pyrénéen.

1. Général Berthaut : *Topologie. Etude du Terrain*. Paris, 1909, in-4°. Tome 1, p. 260.



BIBLIOGRAPHIE

1. Jean-André DE LUC : Recherches sur les modifications de l'atmosphère. Genève, 1772. Deux volumes in-4°.
2. Horace-Bénédict DE SAUSSURE : Voyages dans les Alpes. Neuchâtel. 1774. Huit volumes in-8°.
3. D. et D. (Jean-André DE LUC et le pasteur Jean DENTAND) : Relation de différents voyages dans les Alpes du Faucigny. Maestricht. 1776. in-12.
4. BOURRIT : Nouvelle Description des glaciers, vallées de glace et glaciers qui forment la grande chaîne des Alpes de Savoie, de Suisse et d'Italie. Genève. 1787. Trois volumes in-8°.
5. J. F. ALBANIS BEAUMONT : Description des Alpes Grecques et Cottiennes, ou Tableau historique et statistique de la Savoie. Paris. 1802. Cinq volumes in-4°.
6. Alexandre BRONGNIART : Sur les caractères zoologiques des formations. Annales des Mines. Tome sixième. 1821.
7. Opérations géodésiques et astronomiques pour la mesure d'un arc du parallèle moyen exécutées en Piémont et en Savoie par une commission composée d'officiers de l'Etat-Major Général et d'astronomes piémontais et autrichiens en 1821, 1822, 1823. Milan. 1825. Deux volumes in-folio.
8. Mémorial du Dépôt Général de la Guerre. Tome iv. Paris. 1832. in-4°.
9. Notizie Topografiche e statistiche sugli stati di S. M. Re di Sardegna. Turin. 1840. Cinq volumes in-4°.
10. Le Alpi che cingono L'Italia considerate militarmente. Turin. 1845. in-8°.
11. Elie DE BEAUMONT : Notice sur les systèmes de montagnes. Paris. 1852. in-16.
12. Gabriel MORTILLET : Guide de l'étranger en Savoie. Chambéry, 1855, in-8°.
13. Alfred WILLS : Excursions in the neighbourhood of Sixt. The Alpine Club Journal, 1865.
14. Alphonse FAVRE : Recherches géologiques dans les parties

- de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc. Genève, 1867. Trois volumes in-8° avec un atlas.
15. Das Schweizerische Dreiecknetz herausgegeben von der Schweizerischen geodätischen Commission. Zurich, 1881, in-4°.
 16. Charles DURIER : Le Mont-Blanc. Troisième édition. Paris, 1881. in-12.
 17. Alfred WILLS : Le Tenneverge. Annuaire du Club Alpin Français. 1882.
 18. Paul PERRET : Autour de Sixt et de Chamonix. Annuaire du Club Alpin Français. 1882.
 19. H. JACCARD : Le Ruan. Echo des Alpes. 1885.
 20. H. TAVERNIER : Vallée de Sixt. Itinéraire aux cirques du Fer-à-Cheval et du Fond de la Combe. Bonneville. 1885. in-8°.
 21. SCHAUUB et BRIQUET : Guide pratique de l'ascensionniste sur les montagnes qui entourent le lac de Genève. Sans date.
 22. Gustave MAILLARD : Note sur les diverses régions de la feuille d'Annecy : Alpes de Sixt, de Samoëns et vallée de l'Arve. Bulletin des services de la carte géologique de France. N° 22. 1892.
 23. J.-F. GONTHIER : Eboulements historiques dans les montagnes de la Haute-Savoie. Revue Savoisiennne. 1893.
 24. Jules FIAUX : La Tour des Rosses. Echo des Alpes. 1893.
 25. Armand GUÉRY : Le col de Tenneverge. Annuaire du Club Alpin Français. 1894.
 26. Emile CHAIX : Contribution à l'étude des lapiés. La topographie du Désert de Platé. Le Globe. xxxiv. 1895.
 27. Etienne RITTER : Etudes sur l'orographie et l'hydrographie des Alpes de Savoie. Le Globe. xxxiv. 1895.
 28. Emile HAUG : Etudes sur la tectonique des hautes chaînes calcaires de Savoie. Bulletin des services de la carte géologique de France. N° 47. 1895.
 29. Etienne RITTER : Le massif du Haut-Giffre. Bulletin des Services de la carte géologique de France. N° 61. 1897.
 30. Général BERTHAUT : La carte de France. 1750-1898. Etude historique. Paris. 1898. Deux volumes in-4°.
 31. J.-F. GONTHIER : Un éboulement à Sixt en 1602. Revue Savoisiennne. 1899.
 32. François-Marie BRUN : L'écroulement de la Tête Noire survenu à Sixt en 1602 et la légende du village d'Entre-Deux-Nants. Revue Savoisiennne. 1899.

33. W. MEYLAN : Quelques jours à Barberine. *Echo des Alpes*. 1900.
34. Maurice LUGEON : Recherches sur l'origine des vallées des Alpes occidentales. *Annales de Géographie*. 1901. p. 401-428.
35. Général BERTHAUT : Les Ingénieurs Géographes Militaires. *Etude historique*. Paris. 1902. Deux volumes in-4°.
36. H. DOUXAMI : Les phénomènes glaciaires et post-glaciaires du Massif de Platé. Lyon. 1902. Brochure in-8°.
37. Auguste WAGNON : Guide de la vallée de Trient. Lausanne. 1903. in-8°.
38. Colonel A. LAUSSE DAT : Recherches sur les instruments, les méthodes et le dessin topographiques. Tome II. Paris. 1903. in-8°.
39. Léon W. COLLET : Etude géologique de la chaîne Tour Sallière-Pic de Tenneverge. Matériaux pour la carte géologique de la Suisse. XIX. Nouvelle série. Berne, 1904.
40. Léon W. COLLET : Tectonique de la chaîne Tour Sallière-Pic de Tenneverge. C. R. de la Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève. *Archives des Sciences Physiques et Naturelles*. 1904.
41. Léon W. COLLET : L'enneigement dans le massif de la Tour Sallière. *Jahrbuch des Schweizer Alpenclub*. Berne. 1904.
42. Henri VALLOT : Manuel de Topographie Alpine. Paris. 1904. in-8°.
43. Henri VALLOT : Appréciation documentaire sur quelques cartes modernes du massif du Mont-Blanc. *Annales de l'Observatoire météorologique du Mont-Blanc*. 1905.
44. Henri VALLOT : Etat d'avancement des opérations de la carte du massif du Mont-Blanc. *Annales de l'Observatoire météorologique du Mont-Blanc*. 1905.
45. Charles JACOB : Note sur la tectonique du massif crétacé situé au nord du Giffre. *Bulletin des services de la carte géologique de la France*. N° 108. 1905.
46. Léon W. COLLET : Note sur la tectonique du massif du Haut-Giffre. *Archives des Sciences Physiques et Naturelles*. XXII. Quatrième période. 1906.
47. Charles JACOB : Etudes paléontologiques et stratigraphiques sur la partie moyenne des terrains crétacés dans les Alpes françaises et les régions voisines. Grenoble. 1907. in-8°.
48. Henri et Joseph VALLOT : Applications de la photographie aux levés topographiques. Paris. 1907. in-8°.

49. E.-R. BLANCHET : Quelques ascensions nouvelles dans les Alpes. *Echo des Alpes*, 1908.
50. O. E. MEYER : Communications diverses à l'*Echo des Alpes* et à l'*Osterreichische Alpenzeitung* (1908 et 1910).
51. Robert PERRET : Ascensions dans les Alpes calcaires du Faucigny et du Valais. *La Montagne*, 1909.
52. Général BERTHAUT : Topologie. Etude du terrain. Paris, 1909. Deux volumes in-4°.
53. Léon-W. COLLET : Les Hautes Alpes Calcaires entre Arve et Rhône. Genève et Paris, 1910, in-4°. (Extrait des Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève).
54. Paul HELBRONNER : Description géométrique des Alpes Françaises. Paris, 1910, in-4°.
55. Robert PERRET : Les crêtes du Fer-à-Cheval. *La Montagne*, 1911.
56. Henri METTRIER : Albanis Beaumont. *La Montagne*, 1911.
57. F. SCHRADER : Essai sur la représentation topographique du rocher. Paris, 1911, in-8°.
58. Procès-Verbaux de la Commission de Topographie du Club Alpin Français.
59. Recueil des positions géographiques et hauteurs absolues de la Carte de France.
60. BACLER D'ALBE : Carte du théâtre de la guerre en Italie. 1 : 256.000°. Paris, 1801.
61. J.-B.-S. RAYMOND : Carte topographique et militaire des Alpes. 1 : 200.000°. Paris, 1820.
62. Carte Sarde : 1 : 50.000°. Valorsine, XIII.
63. A. FAVRE : Carte géologique des parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc. Une feuille au 1 : 150.000°. Winterthur, 1862.
64. Etat-Major : Carte topographique : 1 : 80.000°. Annecy, 160 bis.
65. France : Carte géologique détaillée. Annecy, 160 bis.
66. Ministère de l'Intérieur : Carte de France : 1 : 100.000°. Valorsine, xxvi, 24.
67. Suisse : Carte Dufour. 1 : 100.000°. Martigny-Aoste, xxii; — Atlas topographique (carte Siegfried). 1 : 50.000°. Finhaut, 525.
68. Léon-W. COLLET : Chaîne Tour Sallière-Pic de Tenneverge. Carte au 1 : 50.000° coloriée géologiquement. Matériaux pour la carte géologique de la Suisse. Nouvelle série, xix, n° 42. 1904.

Vu, le 27 mai 1913.

*Le Doyen de la Faculté des Lettres
de l'Université de Paris,*

A. CROISET.

Vu et permis d'imprimer :

Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,

L. LIARD.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

I.	Le Pic de Tenneverge, vu de Commune.	<i>Titre</i>
II.	Glaciers du Ruan et de Prazon, vus du Pic de Tenneverge.	<i>Page</i> 13
III.	Le Pic de Tenneverge, vu de la Tour de Prazon .	23
IV.	Les crêtes du Fer-à-Cheval. 1 : 50.000 ^e	31
V.	Le lac de la Vogealle et le Pic de Tenneverge. .	37
VI.	Le Fond de la Combe de Sixt	41
VII.	Coupes géologiques des crêtes du Fer-à-Cheval .	45
VIII.	Le Fer-à-Cheval, vue prise de Giffrenant	51

TABLE DES MATIÈRES

	Avant-Propos	3
I.	Historique	5
II.	Topographie	26
III.	Géologie et Physiographie	40
	Bibliographie	55
	Table des illustrations	60

BERGERAC

IMPRIMERIE GÉNÉRALE DU SUD-OUEST (J. CASTANET)

Place des Deux-Conils

